الوحدة الأولى

الزخم الخطي والتصادمات

إعداد الأستاذ

علاء عواد

0788817681

الدرس الأول

الزخم الخطي والدفع

تمهيد ...

تعتمد صعوبة تغير الحالة الحركية لجسم متحرك على كل من كتلة الجسم (m) وسرعته المتجهة (v) ، خلال هذه الوحدة سنتعرف على الكمية الفيزيائية المرتبطة بكتلة الجسم وسرعته وكيفية الاستفادة منها في التطبيقات العملية

1 مفهوم الزخم الخطي

التعريف

الزخم الخطي (كمية التحرك): هي كمية متجهة تساوي حاصل ضرب كتلة الجسم (m) في سرعته المتجهة (v) وتقاس بوحدة $(kg.m/s)$ في النظام الدولي للوحدات ويعبر عنها رياضيا بالعلاقة التالية:

$$p = mv$$

ملاحظات هامة....

1. الزخم كمية متجهة لا يكتمل وصفه إلا بمعرفة كلاً من
   - مقداره: من القانون السابق $p = mv$
   - اتجاهه: نفس اتجاه سرعة الجسم
2. كلما زاد مقدار الزخم الخطي للجسم زادت صعوبة إيقاف الجسم
3. يعد الزخم الخطي مقياسا لممانعة الجسم لتغير من حالته الحركية (المعنى الفيزيائي)

السؤال 1 اذكر العوامل التي يعتمد عليها مقدار الزخم الخطي

الجواب
1. مقدار كتلة الجسم (طرديا)
2. مقدار سرعة الجسم (طرديا)

السؤال 2 اذكر العوامل التي يعتمد عليها اتجاه الزخم الخطي

الجواب اتجاه سرعة الجسم فقط

السؤال 3 ما هي وحدة قياس الزخم الخطي

الجواب

$$P = mv$$
$$[P] = [m][v]$$
$$[P] = kg.m/s$$

نظام الإشارات للكميات المتجهة

سوف نستخدم نظام الإشارات في حل مسائل الزخم الخطي لأنه كمية متجهة على النحو التالي:

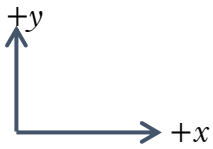
1. نفرض الاتجاهات الموجبة (التي يكون فيها الكميات المتجهة موجبة)
2. أي كمية متجهة اتجاهها عكس الاتجاهات المفروضة في النقطة الأولى ستكون قيمتها سالبة.

مثال (1)

سيارة كتلتها $(1000kg)$ تسير بسرعة $(20m/s)$ شرقا(نحو اليمين) ، جد مقدار زخمها الخطي؟

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات $m=1000kg \quad v=20m/s \ , +x$

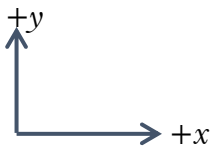
$$p = mv$$
$$p = (1000)(+20)$$
$$p = \left(+2\times10^{4}\right)kg.m/s$$
$$p = \left(2\times10^{4}\right)kg.m/s \quad , +x$$

مثال (2)

جسم كتلته $(200\,g)$ يتحرك باتجاه الغرب (نحو اليسار) يمتلك زخماً خطياً مقداره $(30\,kg.m/s)$ جد مقدار السرعة التي كان يتحرك بها؟

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات $m=200g=0.2kg \quad , \quad P=-30kg.m/s$

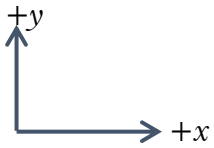
$$p = mv$$
$$-30 = (0.2)(v)$$
$$v = \frac{-30}{0.2} = -150m/s$$
$$v = 150m/s \quad , -x$$

مثال (3)

جسم سرعته $(40cm/s)$ يتحرك باتجاه محور $+x$ إذا علمت أن الزخم الخطي له يساوي $8kg.m/s$ فجد مقدار كتلة الجسم؟

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات $v=40cm/s=0.4m/s \quad , \quad P=+8kg.m/s$

$$p = mv$$
$$+8 = m\times(0.4)$$
$$m = \frac{8}{0.4} = 20kg$$

مثال (4)

يتحرك رجل وزنه $(400N)$ نحو الغرب بسرعة مقدارها $(2m/s)$ جد مقدار الزخم الخطي الذي يمتلكه ؟ باعتبار تسارع الجاذبية الأرضية $(g=10m/s^2)$

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور

المعطيات $F_w=400N$ $\quad v=-2m/s$

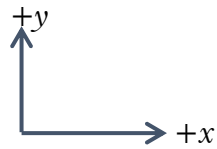
عدنا

$P=(m)\times(-2)$

$P=(40)\times(-2)$

$P=-80kg.m/s$

$P=80kg.m/s \quad , \quad -x$



$p=mv$

$P=(m)(-2)$

فاصل ونعود

$F_w=mg$

$400=m\times10$

$m=40kg$

مثال (5)

يتحرك الجسم (A) نحو اليمين بزخم خطي مقداره $(10kg.m/s)$ ويتحرك الجسم (B) نحو اليسار بزخم خطي مقداره $(20kg.m/s)$ أي الجسمين (A) أم (B) أصعب إيقافه (يحتاج قوة أكبر لإيقافه).

الحل

المعطيات: $P_A=10kg.m/s$ ، $P_B=-20kg.m/s$

تذكر: أ) كلما زاد الزخم الخطي للجسم زادت صعوبة إيقاف الجسم.

ب) الإشارة السالبة للكميات المتجهة (الزخم) تدل على الاتجاه ولا علاقة لها بالمقدار

بما أن $P_B>P_A$ إذا الجسم (B) إيقافه أصعب من الجسم (A)

مثال (6)

جسمان $(a \ , \ b)$ متماثلان (لهما نفس الكتلة) إذا علمت أن سرعة الجسم (a) ضعف سرعة الجسم (b) أجب عما يلي:

1. جد نسبة زخم الجسم (a) إلى زخم الجسم (b) $(P_a:P_b)$
2. أي الجسمين أسهل إيقافه.

الحل

المعطيات: $v_a=2v_b$ $\quad m_a=m_b=m$

1. المطلوب $(P_a:P_b) \Rightarrow \dfrac{P_a}{P_b}$

$$\frac{P_a}{P_b}=\frac{m_av_a}{m_bv_b}=\frac{m(2v_b)}{mv_b}=\frac{2}{1}$$

إذا $(P_a:P_b) \Rightarrow (2:1)$

2. الجسم (b) أسهل إيقافه لأن زخمه أقل من زخم الجسم (a)

مثال (7)

يتحرك جسمان $(a\ ,\ b)$ في خط مستقيم ، إذا علمت أن كتلة الجسم (a) ثلاث أضعاف كتلة الجسم (b) وأن سرعة الجسم (b) تسع أضعاف سرعة الجسم (a) فأجب عما يلي:

1. جد النسبة بين زخم الجسم (a) إلى زخم الجسم (b)
2. أي الجسمين أصعب إيقافه

الحل

المعطيات: $m_a = 3m_b \quad v_b = 9v_a$

1

المطلوب $(P_a : P_b) \Rightarrow \dfrac{P_a}{P_b}$

$$\frac{P_a}{P_b} = \frac{m_a v_a}{m_b v_b} = \frac{3m_b v_a}{m_b \times 9v_a} = \frac{3}{9} = \frac{1}{3}$$

إذا $(P_a : P_b) \Rightarrow (1:3)$

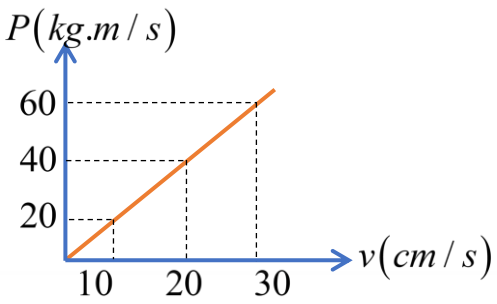
2

الجسم (b) أصعب إيقافه لإن زخمه أكبر من زخم الجسم (a)

$$\frac{P_a}{P_b} = \frac{1}{3} \Rightarrow P_b = 3P_a$$

مثال (8)

معتمداً على الرسم البياني المجاور الذي يمثل العلاقة بين مقدار سرعة جسم وزخمها الخطي، جد مقدار كتلة الجسم



الحل

قاعدة : جميع أسئلة الرسم البياني الخطي تعتمد في حلها على الميل :

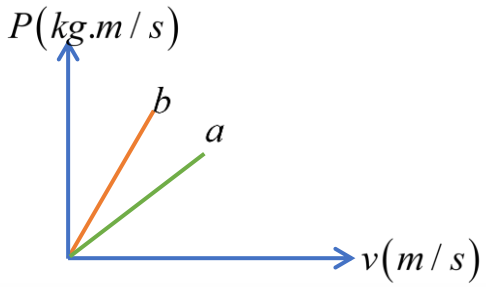
$$slope = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{P}{v} = m \Leftarrow \text{إذا الميل يساوي كتلة الجسم}$$

$$m = slope = \frac{(60-20)}{(30-10)\times 10^{-2}} = \frac{40}{20\times 10^{-2}} = 2\times 10^{2} = 200kg$$

للتحويل من (cm) إلى (m)

مثال (9)

الشكل البياني المجاور يمثل العلاقة بين الزخم والسرعة لجسمين مختلفين $(a\ ,\ b)$ اعتماداً على الشكل أي الجسمين كتلته أكبر



الحل

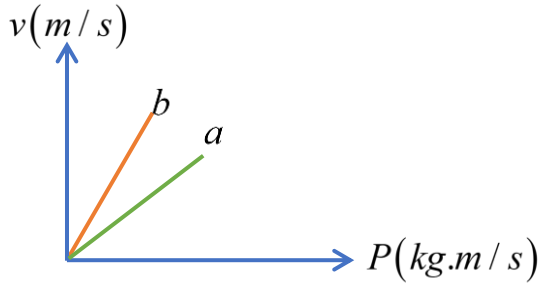
أولاً نستخرج معنى الميل :

$$slope = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{P}{v} = m$$ إذا الميل يساوي كتلة الجسم

الجسم (b) كتلته أكبر من كتلة الجسم (a)

مثال (10)

الشكل البياني المجاور يمثل العلاقة بين السرعة والزخم لجسمين مختلفين $(a\ ,\ b)$ اعتماداً على الشكل أي الجسمين كتلته أكبر



الحل

أولاً نستخرج معنى الميل :

$$slope = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{v}{P} = \frac{1}{m}$$ إذا الميل يساوي مقلوب كتلة الجسم

الجسم (a) كتلته أكبر من كتلة الجسم (b)

مثال (11)

هل يُمكن أن يكون مقدار الزخم الخطي لسيارة مساويًا مقدار الزخم الخطي لشاحنة كبيرة كتلتها أربعة أضعاف كتلة السيارة؟ فسر أجابتك

الحل

نعم، يمكن ذلك إذا كانت سرعة السيارة تساوي أربع أضعاف سرعة الشاحنة.

والمعادلات التالي توضح ذلك : (افرض ان السيارة A والشاحنة B) $\Leftarrow$ $m_B = 4m_A$

$$\boldsymbol{p}_A = \boldsymbol{p}_B$$
$$m_A \boldsymbol{v}_A = m_B \boldsymbol{v}_B$$
$$m_A \boldsymbol{v}_A = 4m_A \boldsymbol{v}_B$$
$$\boldsymbol{v}_A = 4\boldsymbol{v}_B$$

2 الزخم الخطي والطاقة الحركية

عندما يتحرك جسم كتلته (m) وسرعته المتجهة (v) فإن لهذا الجسم:

1 زخم خطي 2 طاقة حركية:

والجدول التالي يبين الفرق بين هاتين الكميتين

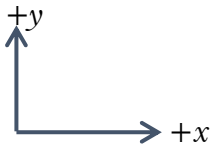
وجه المقارنة	الزخم الخطي	الطاقة الحركية
القانون	$p = mv$	$EK = \frac{1}{2}mv^2$
نوع الكمية الفيزيائية	متجهة	قياسية
وحدة القياس	$(kg.m/s)$	جول (J)

مثال (12)

احسب الزخم الخطي لجسم كتلته $(2kg)$ يتحرك نحو الغرب بطاقة حركية $(16J)$

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات $m = 2kg \qquad KE = 16J$

عدنا

$$P = (2)(v)$$
$$= (2)(-4)$$
$$= -8\,kg.m/s$$
$$= 8\,kg.m/s \quad , \quad -x$$

فاصل ونعود

$$P = mv$$
$$P = (2)(v)$$

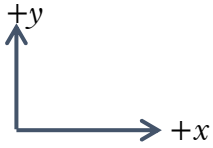
$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$
$$16 = \frac{1}{2}(2)v^2 \quad \Rightarrow v = 4\,m/s \quad , -x$$

مثال (13)

يتحرك جسم كتلته $(5kg)$ نحو الشرق بزخم خطي مقداره $30kg.m/s$ ، جد مقدار الطاقة الحركية له.

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات $m = 5kg \qquad P = 30kg.m/s$

عدنا

$$KE = \frac{1}{2}(5)v^2$$
$$KE = \frac{1}{2}(5)(6)^2$$
$$KE = 90J$$

فاصل ونعود

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$
$$KE = \frac{1}{2}(5)v^2$$

$$P = mv$$
$$30 = 5v \quad \Rightarrow v = \frac{30}{5} = 6\,m/s \quad , +x$$

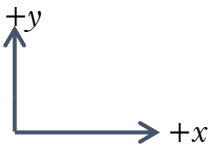
مثال (14)

يتحرك الجسم (A) نحو الشمال بسرعة مقدارها (v) إذا علمت أن مقدار طاقته الحركية يساوي $(100J)$ وأن زخمه الخطي مقداره $(40kg.m/s)$ فجد كلاً مما يلي:

1. سرعة الجسم
2. كتلة الجسم.

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات $\quad P=40kg.m/s \qquad Kg=100J$

$$KE=\frac{1}{2}mv^2$$

$$100=\frac{1}{2}mv^2 \quad .....(1)$$

$$P=mv$$

$$40=mv \quad .....(2)$$

1

بقسمة المعادلة الأولى على الثانية

$$\frac{100}{40}=\frac{\frac{1}{2}mv^2}{mv}=\frac{1}{2}v$$

$$\frac{10}{4}=\frac{v}{2} \Rightarrow v=5m/s \ , +y$$

2

بتعويض قيمة السرعة في أي من المعادلتين نجد الكتلة

$$40=m(5) \Rightarrow m=\frac{40}{5}=8kg$$

مثال (15)

أثبت صحة كل من القوانين التالية :

1. $P=\frac{2KE}{v}$
2. $P=\sqrt{2m\times KE}$

الحل

1

$$KE=\frac{1}{2}mv^2$$

$$KE=\frac{1}{2}mv\times v$$

$$KE=\frac{1}{2}P\times v$$

$$P=\frac{2KE}{v}$$

2

$$P=mv \Rightarrow v=\frac{P}{m}$$

$$KE=\frac{1}{2}mv^2$$

$$KE=\frac{1}{2}m\left(\frac{P}{m}\right)^2 \Rightarrow KE=\frac{1}{2}m\times\frac{P^2}{m^2}$$

$$KE=\frac{P^2}{2m} \Rightarrow P^2=2mKE$$

$$P=\sqrt{2mKE}$$

انتبه .... القوانين في المثال السابق يمكن استخدامها في أسئلة ضع دائرة لتسريع الحل ولا تستخدم في الأسئلة المقالية إلا ببيان الاشتقاق

مثال (16)

جسمان $(a\ ,\ b)$ يتحركان في خط مستقيم إذا علمت ان كتلة الجسم (a) تساوي أربعة أمثال كتلة الجسم (b) وأن $(KE_a : KE_b) = (9:1)$ فجد النسبة بين زخم الجسمين $(P_a : P_b)$

الحل

المعطيات: $m_a = 4m_b \qquad \dfrac{KE_a}{KE_b} = \dfrac{9}{1}$

المطلوب $\dfrac{P_a}{P_b}$

$$\frac{9}{1} = \frac{4v_a^2}{v_b^2} \Rightarrow \frac{9}{4} = \frac{v_a^2}{v_b^2}$$

$$\frac{9}{4} = \left(\frac{v_a}{v_b}\right)^2 \Rightarrow \frac{3}{2} = \frac{v_a}{v_b}$$

عدنا

$$\frac{P_a}{P_b} = \frac{4v_a}{v_b}$$

$$\frac{P_a}{P_b} = 4\left(\frac{3}{2}\right) = \frac{6}{1} \Rightarrow P_a : P_b = 6:1$$

فاصل ونعود

$$\frac{P_a}{P_b} = \frac{m_a v_a}{m_b v_b} = \frac{4m_b v_a}{m_b v_b} = 4\frac{v_a}{v_b}$$

$$\frac{KE_a}{KE_b} = \frac{\frac{1}{2}m_a v_a^2}{\frac{1}{2}m_b v_b^2} = \frac{4m_b v_a^2}{m_b v_b^2} = \frac{4v_a^2}{v_b^2}$$

مثال (17)

يتحرك جسم كتلته (m) بسرعة مقدارها (v) ، بين متى يكون مقدار الزخم الخطي للجسم أكبر من مقدار الطاقة الحركية

الحل

$$\frac{P}{KE} = \frac{2}{v}$$

عندما يكون مقدار الزخم أكبر من مقدار الطاقة فإن

$$\frac{P}{KE} > 1$$

$$\frac{2}{v} > 1 \Rightarrow 2 > v$$

إذا كانت سرعة الجسم أقل من $(2m/s)$ فإن مقدار الزخم أكبر من مقدار الطاقة.

$$P = mv \qquad .....(1)$$

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 .....(2)$$

بقسمة المعادلة الأولى على الثانية فإن

$$\frac{P}{KE} = \frac{mv}{\frac{1}{2}mv^2}$$

واجبات (اختبر نفسك)

السؤال الأول: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يلي:

1) تتحرك سيارة شمالا بسرعة ثابتة بحيث يكون زخمها الخطي يساوي $\left(9\times10^{4}\ \ kg.m/s\right)$ إذا تحركت السيارة جنوبا بالسرعة نفسها فإن زخمها الخطي بوحدة $kg.m/s$ يساوي:

أ) $\left(9\times10^{4}\right)$ ب) $\left(-9\times10^{4}\right)$ ج) $\left(18\times10^{4}\right)$ د) $\left(0\right)$

2) جسمان $\left(A,B\right)$ لهما نفس الطاقة الحركية، أي العبارات التالية توصف العلاقة بين زخمهما الخطي

أ) $P_A > P_B$ ب) $P_A < P_B$ ج) $P_A = P_B$ د) المعلومات غير كافية

3) جسمان $\left(A,B\right)$ لهما نفس الزخم إذا علمت أن $\left(m_a > m_b\right)$ فأي العلاقات التالية صحيحة.

أ) $KE_A > KE_B$ ب) $KE_A < KE_B$ ج) $KE_A = KE_B$ د) المعلومات غير كافية

4) عند مضاعفة الطاقة الحركية لجسم زخمه الخطي $\left(16kg.m/s\right)$ بمقدار أربع مرات بثبوت الكتلة فإن الزخم بوحدة $\left(kg.m/s\right)$ يصبح

أ) 16 ب) 4 ج) 64 د) 32

5) جسمان $\left(A,B\right)$ كتلة الجسم B تساوي أربعة أمثال كتلة الجسم $\left(A\right)$ والطاقة الحركية لهما متساوية فإن:

أ) $v_A = 4v_B$ ب) $v_A = v_B$ ج) $v_A = \frac{1}{2}v_B$ د) $v_A = 2v_B$

6) جسمان $\left(A,B\right)$ لهما نفس الكتلة إذا كان زخم $\left(A\right)$ مثلي زخم $\left(B\right)$ فإن:

أ) $K_A = 2K_B$ ب) $K_A = 4K_B$ ج) $K_A = \frac{1}{2}K_B$ د) $K_A = \frac{1}{4}K_B$

7) جسم كتلته $\left(m\right)$ يتحرك بزخم خطي مقداره $\left(P\right)$ إذا تضاعفت طاقته الحركية فإن زخمه الخطي يصبح

أ) P ب) $\frac{P}{2}$ ج) $\frac{P}{\sqrt{2}}$ د) $\sqrt{2}P$

الإجابات

السؤال	1	2	3	4	5	6	7
الجواب	ب	د	ب	د	د	ب	د

السؤال الثاني:

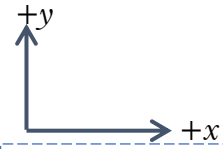
تسير سيارة كتلتها $(600kg)$ بجانب متسابق وبسرعة مقدارها $(18km/h)$ شرقا إذا كانت كتلة المتسابق $(60kg)$، أجب عما يلي:

1) ما مقدار زخم كل من السيارة والمتسابق

2) هل يمكن أن يركض المتسابق بحيث يكون له زخم السيارة نفسها؟ علل إجابتك

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات: نفرض رمز السيارة (A) والمتسابق (B)

$$v_A = v_B = 18km/h = \frac{18\times(10^3)m}{(60\times60)s} = 5m/s \quad , \quad m_A = 600kg \quad , \quad m_B = 60kg$$

1

$$p_A = m_A v_A$$
$$p_A = (600)(+5)$$
$$p_A = 3000\,kg.m/s \quad , \quad +x$$

$$p_B = m_B v_B$$
$$p_B = (60)(+5)$$
$$p_B = 300\,kg.m/s \quad , \quad +x$$

2

نعم يمكن ذلك إذا كانت سرعة المتسابق عشر اضعاف سرعة السيارة $V_B = 50\,m/s$ ولكن هذا بالأحلام لأنه لا يوجد شخص يستطيع الحركة بهذه السرعة

السؤال الثالث:

جسيمان $(A\ ,\ B)$ لهما الطاقة الحركية نفسها، هل يكون لهما مقدار الزخم الخطي نفسه؟ فسر إجابتك

الحل

نعم يمكن ذلك إذا كان لهما مقدار السرعة نفسها ومقدار الكتلة نفسها

$$KE_A = \frac{1}{2}m_A v_A^2 \quad .....(1) \qquad KE_B = \frac{1}{2}m_B v_B^2 \quad .....(2)$$

إذا كان لهما نفس مقدار الطاقة الحركية فإن حاصل قسمة المعادلة (1) على (2) هو

$$\frac{KE_A}{KE_B} = \frac{\frac{1}{2}m_A v_A^2}{\frac{1}{2}m_B v_B^2} \quad \Rightarrow \quad 1 = \left(\frac{m_A}{m_B}\right)\left(\frac{v_A}{v_B}\right)^2 \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{m_B}{m_A}\right) = \left(\frac{v_A}{v_B}\right)^2 \quad .....(3)$$

وحتى يكون لهما الزخم الخطي نفسه فإن حاصل قسمة زخمها الخطي هو:

$$\frac{p_A}{p_B} = \frac{m_A v_A}{m_B v_B} \quad \Rightarrow \quad 1 = \left(\frac{m_A}{m_B}\right)\left(\frac{v_A}{v_B}\right) \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{m_B}{m_A}\right) = \left(\frac{v_A}{v_B}\right) \quad .....(4)$$

بتعويض المعادلة (3) في (4) فإن

$$\left(\frac{v_A}{v_B}\right)^2 = \left(\frac{v_A}{v_B}\right) \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{v_A}{v_B}\right) = 1 \quad \Rightarrow \quad V_A = V_B$$

هذا يعني أنه لا بد أن يكون لهما نفس السرعة وبالتالي من المعادلة (3) أو (4) يجب أن يكون لهما الكتلة نفسها أيضا.

السؤال الرابع:

يتحرك الجسم (A) نحو $+x$ بسرعة $(20\,m/s)$ وطاقة حركية $(40\,J)$ وبنفس الوقت هنالك جسم اخر (B) يتحرك نحو $-x$ بسرعة $(5m/s)$ وطاقة حركية $(25J)$ ، اعتمادا على ما سبق أي من الجسمين (A,B) يحتاج قوة أكبر لإيقافه خلال الفترة الزمنية نفسها

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور

المعطيات:

$$A:\ (v_A=+20m/s\ ,\ KE_A=40J) \qquad B:\ (v_B=-5m/s\ ,\ KE_A=25J)$$

تذكر: كلما زاد مقدار الزخم الخطي زاد مقدار القوة اللازمة لإيقاف الجسم

$$KE_A=\frac{1}{2}m_Av_A^2 \quad\Rightarrow\quad 40=\frac{1}{2}(m_A)(20)^2 \quad\Rightarrow\quad m_A=0.2\,kg$$

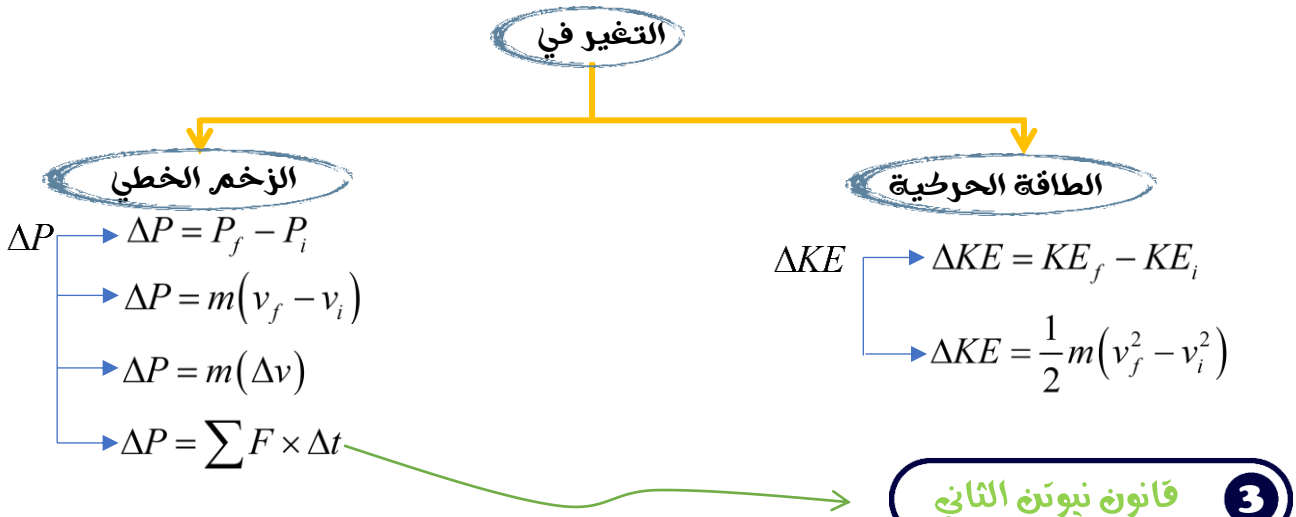
$$\Rightarrow\quad \boldsymbol{p}_A=m_A\boldsymbol{v}_A=(0.2)(+20)=+4kg.m/s$$
$$=4kg.m/s\ ,\ +x$$

$$KE_B=\frac{1}{2}m_Bv_B^2 \quad\Rightarrow\quad 25=\frac{1}{2}(m_B)(5)^2 \quad\Rightarrow\quad m_A=2\,kg$$
$$\Rightarrow\quad \boldsymbol{p}_B=m_B\boldsymbol{v}_B=(2)(-5)=-10kg.m/s$$
$$=10kg.m/s\ ,\ -x$$

إذا الجسم (B) يحتاج قوة أكبر لإيقافه لان زخمه أكبر

أثر القوة على الأجسام

عندما تؤثر قوة مناسبة على جسم فإن سرعة الجسم ستتغير وبالتالي فإن الزخم الخطي للجسم سيتغير إما مقدار، او اتجاهها، او كليهما، وكذلك الطاقة الحركية للجسم ستتغير والمخطط التالي يبين كيفية حساب التغير في كل من الطاقة والزخم



3 قانون نيوتن الثاني

عندما صاغ نيوتن قانونه الثاني في الحركة صاغه بدلالة الزخم الخطي كما يلي:

القانون

نص القانون: "المعدل الزمني للتغير في الزخم الخطي للجسم يساوي القوة المحصلة المؤثرة فيه"

رياضيا:

$$\sum \boldsymbol{F} = \frac{d\boldsymbol{p}}{dt}$$

إذا كانت القوة المؤثرة على الجسم ثابتة (القوة المتوسطة) يمكن إعادة كتابة نص القانون الرياضي على النحو التالي:

$$\sum \boldsymbol{F} = \frac{\Delta \boldsymbol{p}}{\Delta t}$$

وهذه الصيغة التي سنتعامل معها خلال هذه الوحدة علماً ان : $\Delta t = t_f - t_i$, $\Delta \boldsymbol{p} = p_f - p_i$

السؤال 1 ما اتجاه متجه التغير في الزخم الخطي للجسم $(\Delta \boldsymbol{p})$

الجواب: بنفس اتجاه القوة المحصلة المؤثرة على الجسم

السؤال 2 ما العلاقة بين القوة المحصلة المؤثرة على الجسم والتغير في الزخم الخطي للجسم؟

الجواب: القوة المحصلة المؤثرة على جسم تساوي المعدل الزمني للتغير في الزخم الخطي للجسم

السؤال 3 عرف القوة حسب قانون نيوتن الثاني

الجواب: القوة هي المعدل الزمني لتغير في الزخم الخطي

مثال (18)

باستخدام الصيغة العامة لقانون نيوتن الثاني أثبت أن $\sum F = ma$

الحل:

$$\sum F = \frac{dp}{dt}$$

$$= \frac{d(mv)}{dt}$$ بما ان الكتلة ثابتة في المقدار يمكن إخراجها من المشتقة

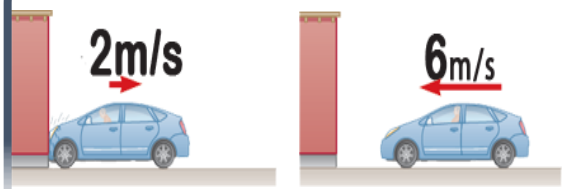
$$= m\frac{d(v)}{dt}$$ مشتقة السرعة بالنسبة إلى الزمن تساوي التسارع

$$= ma$$

مثال (19)

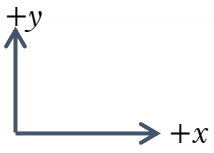
في الشكل المجاور تقترب سيارة كتلتها $(1600kg)$ من جدار وترتد عنه في الاتجاه المعاكس، فجد كل مما يلي:

1. التغير في زخم السيارة
2. الطاقة الحركية المفقودة



الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات $m = 1600\,kg \quad , \quad v_i = -6\,m/s \quad , \quad v_f = +2\,m/s$

1

$$\Delta p = P_f - P_i$$
$$= m(v_f - v_i)$$
$$= (1600)((2)-(-6))$$
$$= (12800)\,kg.m/s$$
$$= 12800\,kg.m/s \quad , \quad +x$$

2

$$\Delta KE = \frac{1}{2}m\left(V_f^2 - V_i^2\right)$$
$$= \frac{1}{2}(1600)\left((2)^2 - (6)^2\right)$$
$$= -25600\,J$$

الإشارة السالبة تدل على ان مقدار الطاقة الحركية قلت

انتبه.... لا يستخدم نظام الإشارات في الطاقة الحركية لأنها كمية قياسية وليست متجهة

مثال (20)

أثرت قوة مقدارها $(0.6s)$ على جسم فزادت زخمه بمقدار $(12kg.m/s)$ ، احسب متوسط القوة المؤثرة

الحل

المعطيات $\Delta t = 0.6s \quad \Delta p = 12\,kg.m/s$

$$\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{12}{6\times10^{-1}} = 20\,N$$

مثال (21)

يتحرك صندوق كتلته $(2kg)$ على سطح جليدي إذا أثرت عليه قوة احتكاك مقدارها $(25N)$ مدة $(4s)$ جد مقدار التغير في سرعة الصندوق.

الحل

المعطيات: $\Delta t = 4s \quad ، \quad \sum F = -25N \quad ، \quad m = 2kg$

عدنا

$$\Delta v = \frac{\Delta p}{m} = \frac{-100}{2} = -50m/s$$

إذا قلت سرعة الصندوق بمقدار $(50m/s)$ والاشارة السالبة لإن اتجاه قوة الاحتكاك دائما عكس اتجاه الحركة.

$$\Delta p = m(\Delta v)$$

$$\Delta v = \frac{\Delta p}{m} = \frac{\Delta p}{2}$$

فاصل ونعود

$$\Delta p = \sum F \times \Delta t$$

$$= -25 \times 4 = -100\,N.S$$

مثال (22)

كرة تنس كتلتها $(0.2)kg$ تصطدم بضرب تنس بسرعة مقدارها $(34m/s)$ ثم ترتد عنه بسرعة مقدارها $(41m/s)$ إذا علمت أن زمن التلامس بين الكرة والضرب $(5\times10^{-3}s)$ فجد مقدار القوة المتوسطة التي أثر بها الضرب على الكرة.

الحل

بفرض أن الاتجاه الموجب باتجاه الكرة قبل تلامسها مع الضرب وأن الكرة (A) والضرب B

المعطيات $m_A = 0.2kg \quad ، v_{Ai} = 34m/s \quad ، \quad v_{Af} = -41m/s \quad ، \quad \Delta t = 5\times10^{-3}s$

عدنا

$$\Rightarrow \sum \boldsymbol{F} = \frac{-15}{5\times10^{-3}} = -3000N$$

ولإن القوة سالبة فهذا يعني أن اتجاهها بعكس اتجاه حركة الكرة قبل التصادم.

$$\sum \boldsymbol{F} = \frac{\Delta \boldsymbol{p}}{\Delta t} = \frac{\Delta \boldsymbol{p}}{(5\times10^{-3})}$$

فاصل ونعود

$$\Delta \boldsymbol{p} = m_A(v_{Af} - v_{Ai})$$

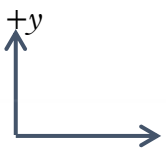
$$\Delta \boldsymbol{p} = (0.2)(-41-34) = -15kg.m/s$$

مثال (23)

صندوق ساكن كتلته $5kg$ اثرت فيه قوتان كما في الشكل المجاور لمدة $3s$ جد مقدار سرعة الصندوق النهائية وحدد اتجاهها

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات: $v_i = 0 \quad m = 5kg \quad F_1 = 60N \quad F_2 = -10N \quad \Delta t = 3s$

عدنا

$$\Delta \boldsymbol{p} = 5(v_f - 0)$$

$$150 = 5(v_f - 0)$$

$$v_f = 30m/s \quad ,+x$$

$$\Delta \boldsymbol{p} = m(v_f - v_i) \Rightarrow \Delta \boldsymbol{p} = 5(v_f - 0)$$

فاصل ونعود

$$\Delta \boldsymbol{p} = \sum \boldsymbol{F} \times \Delta t$$

$$\Delta \boldsymbol{p} = (60-10)(3) = 150N.S$$

4 مبرهنة الزخم الخطي – الدفع

☑ الدفع

يعتمد تأثير القوة على الجسم على زمن تأثير هذه القوة ولذلك اصطلح العلماء على مصطلح جديد يربط بين مقدار القوة المؤثرة على الجسم وزمن تأثيرها وهو الدفع

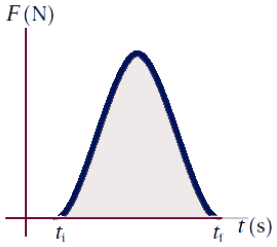
التعريف

الدفع: هو كمية متجهة تساوي حاصل ضرب القوة المحصلة المؤثرة في الجسم في زمن تأثيرها ويعبر عنها بالمعادلة التالية:

$$\mathbf{I} = \sum \boldsymbol{F}\Delta t$$

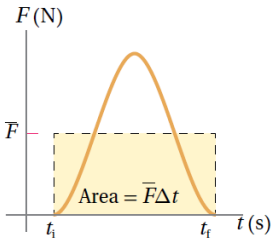
ملاحظات هامة....

1. الدفع كمية متجهة يكون اتجاهها بنفس اتجاه القوة المحصلة
2. نستنتج من القانون السابق ان وحدة قياس الدفع هي $(\mathrm{N.s})$
3. عند رسم العلاقة بين القوة المحصلة المؤثرة على جسم وزمن تأثيرها فإن المساحة تحت المنحنى تمثل مقدار دفع هذه القوة



منحنى (القوة – الزمن)

4. يمكن استخدام مفهوم القوة المتوسطة في إيجاد الدفع، والقوة المتوسطة هي القوة المحصلة الثابتة التي إذا أثرت في الجسم لنفس الفترة الزمنية لأحدثت نفس الدفع الذي تحدثه القوة المتغيرة كما في الشكل المجاور



☑ مبرهنة الزخم الخطي – الدفع

بالاعتماد على كل من قانون نيوتن الثاني في الحركة وتعريف الدفع يمكن استنتاج العلاقة بين الدفع والزخم الخطي.

المبرهنة

نص المبرهنة : دفعُ قوةٍ محصّلةٍ مُؤثرةٍ في جسمٍ يساوي التغيُّر في زخمه الخطيّ

رياضيا $\mathbf{I} = \Delta \boldsymbol{p}$

ملاحظات هامة....

1. يكون الدفع بنفس اتجاه القوة المحصلة وبنفس اتجاه التغير في الزخم الخطي
2. من مبرهنة الزخم الخطي- الدفع نستنتج وجود وحدة قياس أخرى للزخم وهي $(\mathrm{N.s})$

السؤال وضح ما المقصود بالقوة المتوسطة ؟

الجواب : هي القوة المحصلة الثابتة التي لو أثرت على الجسم خلال الفترة الزمنية نفسها للقوة المتغيرة لأحدثت مقدار الدفع ذاته

مخلص قوانين (1)

★ الزخم الخطي

$$p = mv$$

$$p = \frac{2KE}{v}$$

$$P = \sqrt{2mKE}$$

★ الطاقة الحركية

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$KE = \frac{Pv}{2}$$

$$KE = \frac{P^2}{2m}$$

★ التغير في الزخم الخطي
(دفع القوة)

$$I = \Delta P = P_f - P_i$$

$$I = \Delta P = m\left(v_f - v_i\right)$$

$$I = \Delta P = m\left(\Delta v\right)$$

$$I = \Delta P = \sum F \times \Delta t$$

$I = \Delta P =$ المساحة تحت منحنى (القوة – الزمن)

★ التغير في الطاقة الحركية

$$\Delta KE = KE_f - KE_i$$

$$\Delta KE = \frac{1}{2}m\left(v_f^2 - v_i^2\right)$$

★ القوة المؤثرة على الجسم

$$\sum F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{I}{\Delta t}$$

$$\sum F = ma$$

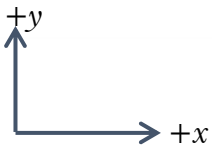
مثال (24)

وضع صندوق كتلته $(100\,kg)$ في شاحنة تتحرك شرقاً بسرعة مقدارها $(20\,m/s)$ كما في الشكل المجاور إذا ضغط السائق على دواسة المكابح، فتوقفت الشاحنة خلال $(5.0\,s)$ من لحظة الضغط على المكابح، فأحسب مقدار كل مما يأتي:

1. الزخم الخطي الابتدائي للصندوق
2. الدفع المؤثر في الصندوق
3. قوة الاحتكاك المتوسطة اللازم تأثيرها في الصندوق لمنعه من الانزلاق

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات : $m=100\,kg \quad , \quad v_i=20\,m/s \quad v_f=0 \quad \Delta t=5\,s$

1

$$\boldsymbol{p}=m\boldsymbol{v}$$
$$=(100)\times 20$$
$$=+2\times10^{3}\ kg.m/s$$
$$=2\times10^{3}\ kg.m/s \quad , \quad +x$$

2

$$I=\Delta \boldsymbol{p}=P_f-P_i$$
$$=0-2\times10^{3}$$
$$=-2\times10^{3}\ kg.m/s$$
$$=2\times10^{3}\ kg.m/s \quad , \quad -x$$

3

$$\sum \boldsymbol{F}=\frac{\Delta \boldsymbol{p}}{\Delta t}$$
$$\bar{f}_s=\frac{\Delta \boldsymbol{p}}{\Delta t}=\frac{-2\times10^{3}}{5.0}=-4\times10^{2}\ N$$
$$\bar{f}_s=4\times10^{2}\ N \quad , \quad -x$$

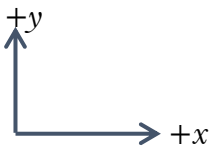
مثال (25)

كرة تنس كتلتها $(0.060\,kg)$ يقذفها لاعب إلى أعلى، وعند وصولها إلى قمة مسارها الرأسي يضربها افقيا بالمضرب فتنطلق بسرعة مقدارها $(55\,m/s)$ في الاتجاه $+x$ إذا علمت أن زمن تلامس الكرة مع المضرب $(3ms)$ أحسب مقدار ما يأتي:

1. الدفع الذي يؤثر به المضرب في الكرة
2. القوة المتوسطة التي أثر بها المضرب في الكرة

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات

$$m=(6\times10^{-2})\,kg \quad , \quad v_i=0 \quad v_f=+55\,m/s \quad \Delta t=3\times10^{-3}\,s$$

1

$$I=\Delta \boldsymbol{p}=m(v_f-v_i)=(6\times10^{-2})(55-0)$$
$$=3.3\,N.s \quad ,+x$$

2

$$\sum \bar{\boldsymbol{F}}=\frac{\Delta \boldsymbol{p}}{\Delta t}=\frac{3.3}{(3\times10^{-3})}=1.1\times10^{3}\,N \quad , +x$$

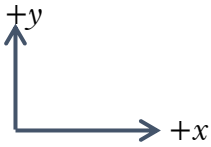
مثال (26)

يركل لاعب كرة قدم كرة ساكنة كتلتها $(0.45\,kg)$ فتنطلق بسرعة $(30\,m/s)$ في اتجاه محور $+x$. إذا علمت أن القوة المتوسطة المؤثرة في الكرة خلال زمن تلامسها مع قدم اللاعب تساوي $(135\,N)$ فأحسب مقدار ما يأتي بإهمال وزن الكرة مقارنة بالقوة المؤثرة فيها

1. زخم الكرة عند لحظة ابتعادها عن قدم اللاعب
2. زمن تلامس الكرة مع قدم اللاعب
3. الدفع المؤثر في الكرة خلال زمن تلامسها مع قدم اللاعب.

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات : $\sum F = 135\,N \quad v_f = 30\,m/s \quad v_i = 0 \quad , \quad m = 0.45\,kg$

1

$$p_f = mv_f = (0.45)\times(30)$$
$$= +13.5\,kg.m/s$$
$$p_f = 13.5\,kg.m/s \quad , \quad +x$$

2

$$\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$
$$\Delta t = \frac{\Delta p}{\sum F} = \frac{p_f - p_i}{\sum F}$$
$$= \frac{13.5-0}{135} = 0.1s$$

3

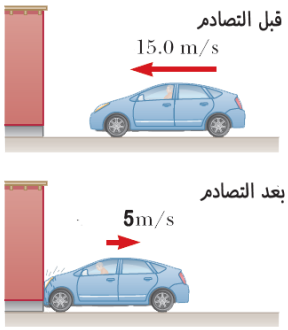
$$I = \sum F \Delta t$$
$$= 135\times 0.10$$
$$= 13.5\,N.s \quad , \quad +x$$

طريقة أخرى للحل

$$I = \Delta p = p_f - p_i$$
$$= 13.5 - 0 = +13.5\,kg.m/s$$
$$I = 13.5\,kg.m/s \quad , \quad +x$$

مثال (27)

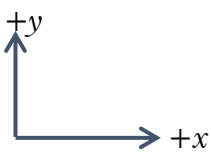
سيارة كتلتها $(1500\,kg)$ تتحرك بسرعة مقدارها $(15\,m/s)$ نحو جدار كما في الشكل المجاور بعد اصطدامها بالجدار ارتدت عنه في الاتجاه المعاكس بسرعة مقدارها $(5m/s)$ إذا علمت ان مدة التصادم بين الجدار والسيارة كانت $(3ms)$ أجب عما يلي:



1. جد مقدار واتجاه التغير في الزخم الخطي للسيارة
2. جد مقدار الدفع الذي أثر بها الجدار على السيارة
3. جد مقدار القوة المؤثرة على السيارة نتيجة الاصطدام

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات

$m = 1500\,kg \quad v_i = -15\,m/s \quad v_f = +5\,m/s \quad \Delta t = 3\times 10^{-3}\,s$

1
$$\Delta \boldsymbol{p} = m(v_f - v_i)$$
$$= (1500)(5-(-15))$$
$$= 3\times10^4 \text{ kg.m/s} \quad , \quad +x$$

2
$$\mathbf{I} = \Delta \boldsymbol{p} = 3\times10^4 \text{ N.s} \quad , \quad +x$$

3
$$\sum \boldsymbol{F} = \frac{\Delta \boldsymbol{p}}{\Delta t} = \frac{3\times10^4}{3\times10^{-3}} = 1\times10^7 \text{ N} \quad , +x$$

مثال (28)

اصطدمت كتلة مقدارها $(50\,g)$ تسير بسرعة $(5\,m/s)$ بجدار، ارتدت عنه بطاقة حركية تعادل ربع طاقتها الحركية الابتدائية وعلى الخط نفسه، احسب كلا مما يأتي:

1) الدفع المؤثر على الكرة

2) متوسط قوة دفع الجدار للكرة إذا كان زمن التصادم $(0.01s)$

الحل

نفرض أن الاتجاه الأصلي موجب والاتجاه المعاكس سالب

المعطيات: $m = 50\,g = 50\times10^{-3}\text{ kg}$, $v_i = +5\,m/s$ $\quad KE_f = \frac{1}{4}KE_i$ $\quad \Delta t = 0.01s$

1
$$I = \Delta \boldsymbol{p} = m(v_f - v_i)$$
$$= (50\times10^{-3})(v_f - 5)$$

فاصل ونعود

$$KE_f = \frac{1}{4}KE_i$$
$$\left(\frac{1}{2}mv_f^2\right) = \frac{1}{4}\left(\frac{1}{2}mv_i^2\right) \quad \Rightarrow \quad v_f = \frac{1}{2}v_i = 2.5\,m/s$$
$$\Rightarrow v_f = -2.5\,m/s$$

لا تنسى أن السرعة النهائية في الاتجاه المعاكس لذلك هي سالبة.

عدنا

$$I = (50\times10^{-3})(v_f - 5)$$
$$I = (50\times10^{-3})(-2.5-5) = -0.375 \text{ N.s}$$

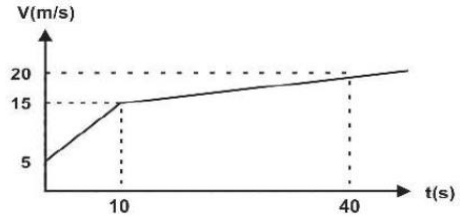
2
$$\sum \boldsymbol{F} = \frac{\Delta \boldsymbol{p}}{\Delta t} = \frac{-0.375}{(1\times10^{-2})} = -37.5\,N$$

مثال (29)

الشكل المقابل يمثل العلاقة البيانية بين السرعة والزمن لحركة جسم كتلته $(2kg)$ احسب كلا مما يأتي:

1) الدفع المؤثر على الجسم خلال $(40s)$

2) متوسط القوة المؤثرة على الجسم خلال $(40s)$



الحل

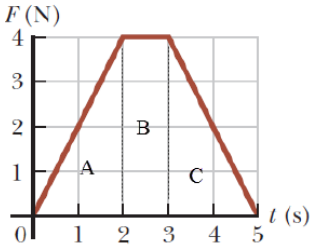
معطيات: $m = 2kg$, $v_i = 5\,m/s$, $v_f = 20\,m/s$, $\Delta t = 40s$

1
$$\mathbf{I} = \Delta \boldsymbol{p} = m(v_f - v_i)$$
$$= (2)(20-5)$$
$$= 30\,kg.m/s$$

2
$$\sum \boldsymbol{F} = \frac{\Delta \boldsymbol{p}}{\Delta t}$$
$$= \frac{30}{40}$$
$$= 0.75\,N$$

مثال (30)

تؤثر قوة محصلة باتجاه $+x$ في صندوق ساكن كتلته $(3kg)$ مدة زمنية مقدارها $(5s)$ إذا علمت أن مقدار القوة المحصلة يتغير بالنسبة إلى الزمن كما هو موضح في الشكل المجاور فأحسب مقدار ما يأتي:



1. الدفع المؤثر في الصندوق خلال الفترة الزمنية لتأثير القوة المحصلة، وأحدد اتجاهه
2. السرعة النهائية للصندوق في نهاية الفترة الزمنية لتأثير القوة المحصلة، وأحدد اتجاهها
3. القوة المتوسطة المؤثرة في الصندوق خلال هذه الفترة الزمنية

الحل

المعطيات: $m = 3kg \quad , v_i = 0 \quad , \Delta t = 5s$

1

الدفع = المساحة تحت المنحنى = مساحة $A + B + C$

$$I = Area(A) + Area(B) + Area(C)$$

$$I = \left(\frac{1}{2}(2-0)(4)\right) + \left((4)(3-2)\right) + \left(\frac{1}{2}(5-3)(4)\right)$$

$$I = 12\,N.s \quad , +x$$

نفس اتجاه القوة المحصلة

2

$$I = \Delta p = m(v_f - v_i)$$

$$(12) = (3)(v_f - 0)$$

$$v_f = 4m/s \quad , +x$$

3

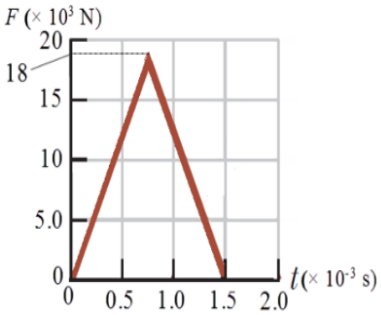
$$\sum \overline{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

$$\sum \overline{F} = \frac{12}{5}$$

$$\sum \overline{F} = 2.4\,N$$

مثال (31)

يوضح الشكل المجاور منحنى (القوة – الزمن) للقوة المحصلة المؤثرة في كرة بيسبول كتلتها $(135g)$ في أثناء زمن تلامسها مع المضرب. أستعين بهذا المنحنى والبيانات المثبتة عليه للإجابة عما يأتي بإهمال وزن الكرة:



1. ما الذي يمثله الرقم (18) على محور القوة؟
2. أحسب مقدار الدفع المؤثر في الكرة خلال زمن تلامسها مع المضرب
3. أحسب مقدار السرعة النهائية للكرة في نهاية الفترة الزمنية لتأثير القوة المحصلة فيها باعتبارها ساكنة لحظة تأثير القوة المحصلة
4. أحسب مقدار القوة المتوسطة المؤثرة في الكرة خلال زمن تلامسها مع المضرب

الحل

المعطيات: $m = 135g = 135 \times 10^{-3} kg \qquad \Delta t = 1.5 \times 10^{-3} s$

1

القيمة العظمى للقوة المؤثرة على كرة البيسبول

2

الدفع = المساحة تحت المنحنى

$$I = Area$$

$$I = \frac{1}{2}\left((1.5-0)\times 10^{-3}\right)\left(18\times 10^{3}\right)$$

$$I = 13.5\,N.s$$

3

$$I = \Delta p$$

$$I = m(v_f - v_i)$$

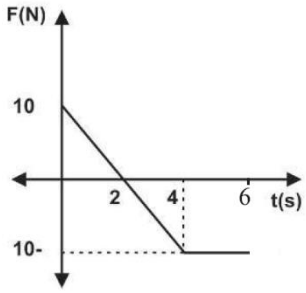
$$13.5 = \left(135\times 10^{-3}\right)(v_f - 0) \quad \Rightarrow \quad v_f = 100\,m/s$$

4

$$\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{13.5}{1.5\times 10^{-3}} = 9000\,N$$

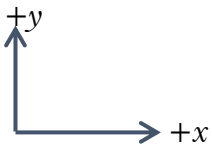
مثال (32)

جسم كتلته $(2kg)$ يتحرك بسرعة $(5m/s)$ شرقا على سطح افقي أملس، أثرت عليه قوة متغيرة، مثلت العلاقة بيانياً مع الزمن كما في الشكل المجاور ، بالاعتماد على البيانات المثبتة عليه،



جد :

1. دفع القوة خلال $(6s)$
2. أكبر سرعة يمكن أن يمتلكها الجسم في نفس اتجاه حركته
3. زمن توقف الجسم
4. متوسط القوة المؤثرة من بداية تأثيرها وحتى سكون الجسم



الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور

المعطيات $\quad m=2\text{kg} \quad , \quad v_i=5\text{m/s}$

1. الدفع = المساحة تحت المنحنى

$$I=\text{Area}$$

$$I=\left(\frac{1}{2}\times(2-0)(10)\right)+\left(\frac{1}{2}(4-2)(-10)\right)+\left((6-4)(-10)\right)$$

$$I=-20\,\text{N.s} \quad \Rightarrow \quad I=20\text{N.s} \ , \ -x$$

2. أكبر سرعة يمكن ان يمتلكها الجسم في نفس اتجاه الحركة تكون في نهاية الدفع الموجب. لحسب الدفع خلال $(t=2)$ عندها تكون السرعة أكبر ما يمكن بنفس اتجاه الحركة

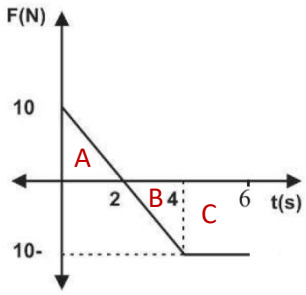
$$I=\left(\frac{1}{2}\times(2-0)(10)\right)=10\,\text{N.s}$$

$$\Delta p=m(v_f-v_i)$$

$$10=2(v_f-5) \quad \Rightarrow v_f=10\,\text{m/s}$$

3. عندما يتوقف الجسم فإن $\Leftarrow \quad I=\Delta p=m(v_f-v_i)=(2)(0-5)=-10\,\text{N.s}$

لذلك يجب ان نبحث أن الزمن (t) الذي يكون مساحة المنحنى تحته تساوي (-10)



$$I=-10=\text{Area}=\left(\frac{1}{2}(2)(10)\right)+\left(\frac{1}{2}(4-2)(-10)\right)+(t-4)(-10)$$

$$t=5s$$

إذا يتوقف الجسم بعد خمس ثواني ثم يتحرك باتجاه معاكس لاتجاه الحركة الأصلي

4.

$$\sum F=\frac{\Delta p}{\Delta t}=\frac{-10}{5}=-2\,\text{N}$$

مثال (33)

أثبت أن وحدتي قياس الزخم $(N.s)$ و $(kg.m/s)$ متكافئتين

الحل

الطريقة الثانية

حسب قانون نيوتن الثاني $\sum F = ma$ فإن وحدة القياس نيوتن تكافئ

$$\sum F = ma$$

$$\left[\sum F\right] = [m][a]$$

$$N = kg.\frac{m}{s^2} \quad \Rightarrow \quad N.s = kg.\frac{m}{s}$$

الطريقة الأولى

حسب مبرهنة الزخم الخطي – الدفع فإن

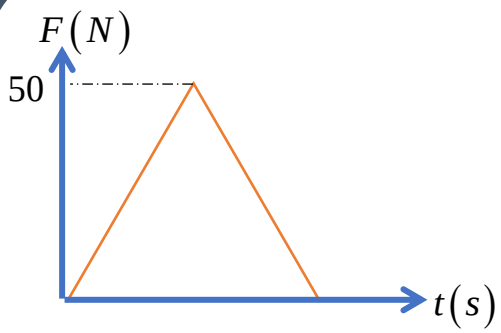
$$I = \Delta p$$

$$[I] = [\Delta p]$$

$$N.s = kg.m/s$$

مثال (34)

أوجد مقدار القوة المتوسطة التي يمكن أن تدفع الجسم بنفس مقدار الدفع الذي تولده القوة المتغير الممثلة في الشكل المجاور



الحل

المساحة تحت المنحنى تمثل دفع القوة المتغير والذي يساوي دفع القوة المتوسطة:

$$Area = I$$

$$\frac{1}{2} \times \Delta t \times 50 = \sum F \times \Delta t$$

$$\sum F = 25N$$

استنتاجات مهمة من مبرهنة الزخم الخطي - الدفع

1 إذا كان مقدار القوة المؤثرة على الجسم ثابت فإن العلاقة بين مقدار التغير في الزخم الخطي وزمن تأثير القوة علاقة طردية

(كلما زاد زمن تأثير القوة على الجسم زاد مقدار التغير في الزخم الخطي للجسم بشرط ثبوت مقدار القوة المحصلة)

أمثلة للتوضيح:

- عند دفع عربة تسوّق بقوة ثابتة، يزداد زخمها الخطيّ بزيادة زمن تأثير القوّة فيها
- عند ركل لاعب كُرة قدم يزداد زخمها الخطيّ بزيادة زمن تلامسها مع قدمه

2 عند ثبوت مقدار التغير في الزخم الخطي فإن العلاقة بين القوة المحصلة المؤثرة على الجسم والزمن علاقة عكسية

(كلما زاد زمن تأثير القوة على الجسم قل مقدار تلك القوة بشرط ثبوت مقدار التغير في الزخم الخطي)

أمثلة للتوضيح:

- يثني الطبيبُ رجليه لحظة ملامسة قدميه سطح الأرض، وهذا يجعلُ تغيّر زخمه الخطيّ يستغرقُ فترةً زمنيّةً أطول، فيقلُّ مقدارُ القوّة المُحصّلة المؤثّرة فيه.
- في الحوادث المرورية كلما زاد زمن تصادم السيارات ببعضها قل مقدار القوة المؤثرة في الركاب (لان التغير في الزخم ثابت)

ملاحظة: أي جسم يتوقف بسبب تعرضه لقوة ما فإن مقدار التغير في زخمه ثابت

أسئلة نظرية

مثال (35)

ذهب محمد إلى مدينة الألعاب، وعند قيادته سيارة كهربائية واصطدامه بالسيارات الأخرى وجد أن تأثير هذه التصادمات عليه قليل. وعند تركيز انتباهه على هذه السيارات، لاحظ وجود حزام من مادة مطاطية يحيط بجسم السيارة. فسر سبب وجود هذا الحزام المطاطي.

الحل

يساعد وجود الحزام المطاطي على إطالة زمن التصادم (زمن تأثير قوة التصادم) ولان مقدار التغير في الزخم الخطي ثابت فإن إطالة مدة التصادم تقلل من مقدار قوة التصادم حيث أن العلاقة بين الزمن و القوة علاقة عكسية بثبوت التغير في الزخم

مثال (36)

في أثناء دراسة غيث لهذا الدرس قال: إن وسائل الحماية في السيارات قديما أفضل منها في السيارات الحالية إذا أن هياكل السيارات الحديثة مرنة تتشوه بسهولة عند تعرض السيارة لحادث على عكس هياكل السيارات القديمة الصلبة. ناقش صحة قول غيث.

الحل

تشوه هياكل السيارات أثناء التصادم يساعد على زيادة المدة الزمنية للتصادم وبتالي يقلل من مقدار القوة المؤثرة في المركبة والراكب مما يساعد على تقليل أثر الحادث على الركاب

لا تنسى

تذكر العلاقة بين القوة والزمن علاقة عكسية بشرط ثبوت التغير في الزخم الخطي

مثال (37)

في أثناء دراسة روبدا هذه الوحدة قالت : " إنه عندما يقفز شخص من ارتفاع معين عن سطح الأرض فإنه يتعين عليه أن يبقي رجليه ممدودتين لحظة ملامسة قدميه الأرض حفاظا على سلامته. أناقش صحة قول روبدا بناء على المفاهيم الفيزيائية التي تعلمتها في هذه الوحدة.

الحل

لا تنسى

عند سقوط شخص من ارتفاع معين يجب عليه ان يثني رجليه عند ملامسة سطح الأرض لزيادة زمن تأثير القوة على الجسم أثناء تغير زخمه الخطي من قيمة عالية إلى الصفر مما يقلل من مقدار القوة التي تؤثر بها الأرض على الجسم.

مثال (38)

علل كل مما يأتي تعليلا علميا سليما :

1. تنكسر بيضة نيئة إذا سقطت من ارتفاع ما باتجاه أرض صلبة من الاسمنت وقد لا تنكسر البيضة نفسها إذا وقعت على ارض رملية من نفس الارتفاع
2. عادة ما تكون مواسير بنادق الصيد طويلة
3. في ساحات الألعاب غالبا ما يغطى سطح الأرض بالعشب أو الرمل حيث يوجد خطر سقوط الأطفال

الحل

1. العلاقة بين القوة والزمن علاقة عكسية بثبوت التغير في الزخم لذلك كلما زاد زمن التصادم قلت مقدار القوة المؤثرة في البيضة، حيث انه في الأرض الرملية يكون زمن التصادم أطول منه في الأرض الاسمنتية
2. وذلك لزيادة مدة تأثير القوة على الرصاصة وبتالي زيادة دفع الرصاصة والذي يساوي مقدار التغير في زخمها الخطي
3. لزيادة زمن التصادم بين الأطفال والأرض مما يقلل من مقدار القوة التي تؤثر بها الأرض على الطفل

واجبات (اختبر نفسك)

اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1) كلما زاد زمن تأثير قوة (F) في جسم كتلته (m) :
   أ) زاد مقدار الدفع المؤثر فيه، وزاد مقدار التغير في زخمه الخطي
   ب) زاد مقدار الدفع المؤثر فيه، وقل مقدار التغير في زخمه الخطي
   ج) قل مقدار الدفع المؤثر فيه، وزاد مقدار التغير في زخمه الخطي
   د) قل مقدار الدفع المؤثر فيه، وقل مقدار التغير في زخمه الخطي

2) صندوقان $(A \ , \ B)$ يستقران على سطح افقي أملس أثرت في كل منهما القوة المحصلة نفسها باتجاه محور $+x$ للفترة الزمنية (Δt) إذا علمت أن كتلة الصندوق (m_A) أكبر من كتلة الصندوق (m_B) فأي العلاقات الاتية صحيحة في نهاية الفترة الزمنية
   أ) $P_A < P_B \ , \ KE_A < KE_B$
   ب) $P_A = P_B \ , \ KE_A > KE_B$
   ج) $P_A = P_B \ , \ KE_A < KE_B$
   د) $P_A > P_B \ , \ KE_A > KE_B$

3) رميت كرة كتلتها (m) افقيا بسرعة مقدارها (v) نحو جدار، فارتدت الكرة افقيا بمقدار السرعة نفسه. إن مقدار التغير في الزخم الخطي للكرة يساوي:
   أ) mv
   ب) $-mv$
   ج) $2mv$
   د) صفراً

4) المساحة المحصورة تحت منحنى (القوة – الزمن) تساوي مقدار :
   أ) القوة المحصلة
   ب) الزخم الخطي
   ج) الدفع
   د) الطاقة الحركية

5) أي الكميات التالية تمثل (المعدل الزمني لتغير في الزخم) ؟
   أ) الدفع
   ب) الشغل
   ج) القوة
   د) التسارع

6) جسم كتلته $(4kg)$ يتحرك بسرعة مقدارها $(2m/s)$ أثرت عليه قوة مقدارها $(8N)$ بنفس اتجاه حركته لمدة $(5s)$ كم يصبح مقدار زخمه بوحدة $(kg.m/s)$ ؟
   أ) 32
   ب) 8
   ج) 40
   د) 48

7) قوتان $(F_1 \ , \ F_2)$ تؤثران على جسم، إذا كانت $(F_1 = 3F_2)$ وينتج عنهما كمية الدفع نفسها، فإن زمن تأثير (F_1) يساوي:
   أ) زمن تأثير (F_2)
   ب) ثلاث اضعاف زمن تأثير (F_2)
   ج) ثلث زمن تأثير (F_2)
   د) تسع أضعاف زمن تأثير (F_2)

8) أثرت قوة مقدارها $(20N)$ على جسم كتلته $(5kg)$ لمدة $(4s)$ ، فإن التغير في سرعة الجسم بوحدة (m/s) يساوي:
   أ) 3
   ب) 6
   ج) 16
   د) 26

الإجابات

السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8
الجواب	أ	ج	ج	ج	ج	د	ج	ج

5 حفظ الزخم الخطي

عند حدوث تصادمات بين جسمين أو أكثر يمكن اعتبار هذه الاجسام معا نظام فيزيائي، وإذا كانت هذه الاجسام تتأثر فقط بقوة ناتجة من عناصر النظام (قوة داخلية) عندها يعتبر هذا النظام معزولا .

السؤال 1 ما المقصود بالنظام المعزول؟

الجواب: هو النظامُ الذي تكونُ القوّةُ المُحصّلةُ الخارجيّةُ المؤثّرة فيه صفرًا ، وتكونُ القوى المؤثّرةُ قوىً داخليّةً فقط.

السؤال 2 متى يمكن ان نعتبر النظام معزولا بوجود قوة خارجية تؤثر فيه؟

الجواب: إذا كانت القوة الخارجية موجودة، ولكن صغيرة جدا مقارنة بالقوة الداخلية يمكن أهملها واعتبار النظام معزولا

قانون حفظ الزخم الخطي:

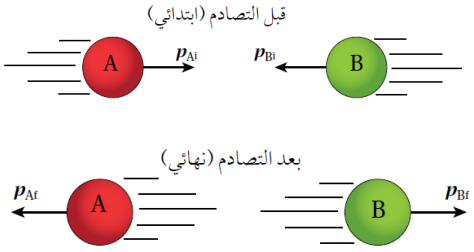
نص القانون: «عندما يتفاعلُ جسمانِ أو أكثر في نظامٍ معزولٍ، يظلُّ الزخم الخطيُّ الكليُّ للنظام ثابتًا ».

أو الزخم الخطيّ الكليّ لنظامٍ معزولٍ قبل التصادُم مباشرةً يساوي الزخم الخطيَّ الكليَّ للنظام بعد التصادُم مباشرةً

رياضيا :

$$\sum P_i = \sum P_f$$

توضيح:



إذا حدث تصادم بين جسمان كما في الشكل المجاور فإن مجموع زخم كل من الجسمين قبل حدوث التصادم مباشرة يساوي مجموع زخم الجسمين بعد حدوث الزخم مباشرة بشرط أن يكون النظام معزولاً

$$\sum P_i = \sum P_f$$
$$P_{Ai} + P_{Bi} = P_{Af} + P_{Bf}$$
$$(m_A v_{Ai}) + (m_B v_{Bi}) = (m_A v_{Af}) + (m_B v_{Bf})$$

السؤال 3 أثبت صحة قانون حفظ الزخم الخطي ؟

الجواب: عندما يتصادم جسمان فإن كل منهما يؤثر على الاخر بقوة حيث ان هاتين القوتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه حسب قانون نيوتن الثالث وبالتالي فإن :

$$F_{AB} = -F_{BA}$$
$$\Delta t \times F_{AB} = -F_{BA} \times \Delta t \qquad \Delta t \text{ نضرب طرفي المعادلة في}$$
$$I_{AB} = -I_{BA} \qquad I = \Delta p \text{ حسب مبرهنة الزخم الخطي - الدفع فإن}$$
$$\Delta P_B = -\Delta P_A$$
$$(P_{Bf} - P_{B_i}) = -(P_{Af} - P_{A_i})$$
$$P_{A_i} + P_{A_i} = P_{Af} + P_{Bf} \qquad \text{إعادة ترتيب الحدود}$$

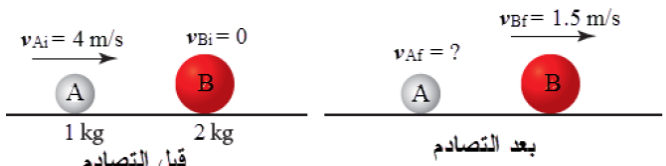
ملاحظة مهمة جدا:

يكون الزخم الخطي محفوظا في الانفجارات والاجسام التي تنفصل عن بعضها البعض مثل انطلاق قذيفة من مدفع او انقسم جسم إلى عدة اجسام صغيرة وفي هذه الحالة إذا كان الجسم قبل الانقسام ساكن فإن مجموع زخمه قبل الانقسام وبعده يكون صفر

يكون الزخم الكلي للنظام المعزول محفوظا في حالتين:
- التصادمات
- الانفجارات(انفصال الاجسام عن بعضها)

مثال (39)

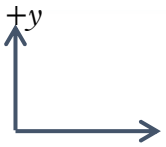
يوضح الشكل المجاور تصادم كرتين A , B ، حيث تتحرك الكرة A باتجاه $+x$ بسرعة مقدارها $(4m/s)$ نحو الكرة B الساكنة.
بعد التصادم تحركت الكرة B بسرعة مقدارها $(1.5m/s)$ باتجاه $+x$. إذا علمت أن $(m_A=1.0\,kg)$ و $(m_B=2.0kg)$ ، فأحسب مقدار سرعة الكرة A بعد التصادم وحدد اتجاهها



الشكل (9): تصادم كرتين.

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات:

$$A:(m_A=1kg\ ,\ v_{Ai}=+4m/s) \qquad B:(m_B=2kg\ ,\ v_{Bi}=0\ ,\ v_{Bf}=+1.5m/s)$$

$$\sum P_i=\sum P_f$$

$$(mv_i)_A+(mv_i)_B=(mv_f)_A+(mv_f)_B$$

$$(1\times 4)+(2\times 0)=(1\times v_{Af})+(2\times 1.5) \quad \Rightarrow \quad V_{Af}=1m/s$$

بما أن الجواب موجب إذا الاتجاه الحركة نحو الشرق $(+x)$

مثال (40)

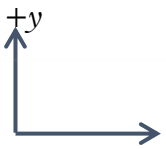
مدفع ساكن كتلته $(2.0\times10^3\,kg)$، فيه قذيفة كتلتها $(50.0kg)$ أطلقت القذيفة افقيا من المدفع بسرعة $(1.2\times10^2\ m/s)$

باتجاه محور $+x$ أحسب مقدار ما يأتي:

1. الدفع الذي تؤثر به القذيفة في المدفع، وأحدد اتجاهه.
2. سرعة ارتداد المدفع

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات: بفرض أن المدفع (A) والقذيفة (B):

$$A:(m_A=2000kg\ ,\ v_{Ai}=0),\quad B:(m_B=50kg\quad v_{Bi}=0\quad v_{Bf}=+120m/s)$$

1

$$I_{BA} = -I_{AB}$$
$$= -\Delta P_B = m_B\left(v_{Bf} - v_{Bi}\right)$$
$$= -(50)(120-0)$$
$$= -6000\,N.s$$
$$= 6000\,N.s \quad , \quad -x$$

2

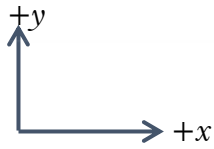
$$\sum P_i = \sum P_f$$
$$(mv_i)_A + (mv_i)_B = (mv_f)_A + (mv_f)_B$$
$$0 = (2000 \times v_{Af}) + (50 \times 120)$$
$$\Rightarrow \quad V_{Af} = -3\,m/s$$
$$\Rightarrow \quad V_{Af} = 3\,m/s \quad , \quad -x$$

مثال (41)

يجلس طالب كتلته $(35kg)$ في قارب ساكن كتلته $(65kg)$ ويحمل صندوقا كتلته $(6kg)$ كما في الشكل المجاور إذا قذف الطالب الصندوق افقيا بسرعة مقدارها $(10\,m/s)$ ، بإهمال مقاومة الماء جد سرعة القارب بعد قذف الصندوق مباشرة.

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات: بفرض أن الطالب والقارب (A) و الصندوق (B):

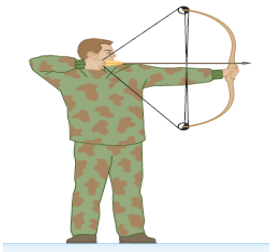
$$A:(m_A = 65+35 = 100kg \quad v_{Ai} = 0) \qquad B:(m_B = 6kg \quad v_{Bi} = 0 \quad v_{Bf} = 10m/s)$$

$$\sum P_i = \sum P_f$$
$$(mv_i)_A + (mv_i)_B = (mv_f)_A + (mv_f)_B$$
$$(100 \times 0) + (6 \times 0) = (100 \times v_{Af}) + (6 \times 10) \qquad \Rightarrow \quad V_{Af} = -0.6\,m/s$$

بما أن سرعة القارب سالبة إذا فاتجاه الحركة نحو الغرب $(-x)$ بسرعة مقدارها $v_{Af} = 0.6\,m/s$

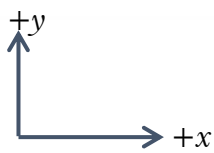
مثال (42)

يقف رجل كتلته $(60kg)$ على ارض جليدية ملساء كما في الشكل المجاور إذا أطلق سهم كتلته $(30g)$ في الاتجاه الموضح في الشكل بسرعة مقدارها $(120m/s)$ جد مقدار واتجاه سرعة الرجل بعد انطلاق السهم مباشرة



الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات: بفرض أن الرجل (A) و السهم (B):

$$A:(m_A = 60kg \quad , \quad v_{Ai} = 0) \qquad B:(m_B = 30g = 3\times10^{-2}kg \quad , \quad v_{Bi} = 0 \quad , \quad v_{Bf} = 120m/s)$$

$$\sum P_i = \sum P_f$$
$$(mv_i)_A + (mv_i)_B = (mv_f)_A + (mv_f)_B$$
$$(60\times 0) + (3\times 10^{-2}\times 0) = (60\times v_{Af}) + (3\times 10^{-2}\times 120) \quad \Rightarrow \quad V_{Af} = -6\times 10^{-2}\ m/s$$

بما أن سرعة الرجل سالبة إذا فالاتجاه الحركة نحو الغرب $(-x)$ بسرعة مقدارها $v_{Af} = 6\times 10^{-2}\ m/s$

مثال (43)

يركب أحمد الذي كتلته $(40kg)$ لوح تزلج كتلته $(4kg)$ ،ويتحركان بسرعة $(2m/s)$ فإذا قفز أحمد عن اللوح، وتوقف لوح التزلج تماما في مكانه، فما مقدار سرعة قفزه؟ وما اتجاهه؟

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة للحركة الاصلية و السالبة للحركة في الاتجاه المعاكس

المعطيات: بفرض أن أحمد (A) و لوح التزلج (B):

$$A:(m_A = 40kg \quad v_{Ai} = 2m/s) \qquad B:(m_B = 4kg \quad v_{Bi} = 2m/s \quad v_{Bf} = 0)$$
$$\sum P_i = \sum P_f$$
$$(mv_i)_A + (mv_i)_B = (mv_f)_A + (mv_f)_B$$
$$(40\times 2) + (4\times 2) = (40\times v_{Af}) + (4\times 0) \quad \Rightarrow \quad V_{Af} = 2.2\ m/s$$

لأن مقدار السرعة موجب فالاتجاه الحركة بنفس اتجاه الحركة الابتدائية قبل القفز

مثال (44)

يقف متزلجان أحدهما مقابل الاخر ، ويتدافعان بالأيدي، فإذا كانت كتلة الأول $(90kg)$ وكتلة الثاني $(60kg)$ ، أجب عن الأسئلة الآتية:

1. جد النسبة بين سرعتي المتزلجين في اللحظة التي أفلتا فيها أيديهما
2. أي المتزلجين سرعته أكبر؟
3. أي المتزلجين دفع بقوة أكبر؟

الحل

المعطيات: $m_A = 90kg \quad , \quad m_B = 60kg \qquad v_{Ai} = v_{Bi} = 0$

1

$$\sum P_i = \sum P_f$$
$$(mv_i)_A + (mv_i)_B = (mv_f)_A + (mv_f)_B$$
$$(90\times 0) + (60\times 0) = (90\times v_{Af}) + (60\times v_{Bf})$$
$$0 = (90\times v_{Af}) + (60\times v_{Bf})$$
$$-(90\times v_{Af}) = (60\times v_{Bf})$$
$$\frac{v_{Af}}{v_{Bf}} = -\frac{60}{90} = -\frac{2}{3}$$

انتبه ....
الإشارة السالبة تدل على أن سرعة المتزلجين في الجاهين متعاكسين ولا علاقة لها بالمقدار

2

من الفرع الأول بما أن نسبة $\left|\frac{v_{Af}}{v_{Bf}}\right| < 1$ فإن مقدار المقام أكبر

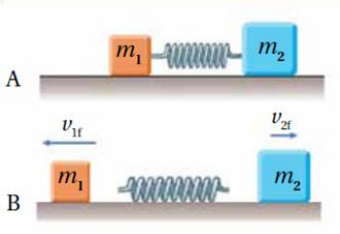
من البسط أي أن سرعة v_{Bf} أكبر من v_{Af}

3

حسب قانون حفظ الزخم الخطي فإن التغير في الزخم الخطي لكليهما متساوي أي ان الدفع متساوي

مثال (45)

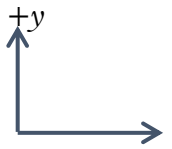
وضعت إسلام نابض خفيف مضغوط بين صندوقين كتلتيهما m_1 و m_2 موضوعين على سطح أفقي أملس، كما هو مبين في الشكل A . لحظة إفلات إسلام النابض، تحرّك الصندوقان باتجاهين متعاكسين كما في الشكل B . إذا علمت أن $m_2 = 2m_1$ ، فأجد نسبة مقدار سرعة الصندوق الأول النهائية إلى مقدار سرعة الصندوق الثاني النهائية لحظة ابتعاد كلّ منهما عن النابض.



الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور

المعطيات: $m_2 = 2m_1$ $\quad v_{1i} = v_{2i} = 0$



$$\sum P_i = \sum P_f$$

$$(mv_i)_1 + (mv_i)_2 = (mv_f)_1 + (mv_f)_2$$

$$0 = (m_1(-v_{1f})) + (m_2 v_{2f})$$

$$\Rightarrow \quad m_1 v_{1f} = m_2 v_{2f}$$

$$\Rightarrow \quad m_1 v_{1f} = 2m_1 v_{2f}$$

$$\Rightarrow \frac{v_{1f}}{v_{2f}} = 2$$

أسئلة نظرية

مثال (46)

وضح متى يكون الزخم الخطي لنظام محفوظا

الحل

عندما يكون النظام معزولا أي لا يتأثر بقوة خارجية أو أن القوة الخارجية صغيرة جدا لدرجة الإهمال

مثال (47)

أشاهد في أثناء التدريبات العسكرية إسناد الجنود كعوب بنادقهم على أكتافهم بإحكام عند إطلاق الرصاص منها . فاذا يفعلون ذلك؟

الحل

لإن البندقية سوف ترتد إلى الخلف بعكس اتجاه حركة الرصاصة بحيث يكون المجموع الكلي لزخم البندقية و الرصاصة بعد الاطلاق يساوي صفر حسب قانون حفظ الزخم الخطي

مثال (48)

في أثناء جلسة نقاش داخل غرفة الصف عن كيفية حركة المركبات الفضائية في الفضاء قالت بتول: " ترتفع المركبة الفضائية في الغلاف الجوي للأرض، و يتغير مقدار سرعتها و اتجاه حركتها عندما ترتفع الغازات المنطلقة من الصواريخ المثبتة عليها الهواء الجوي و أنه لا فائدة من وجود هذه الصواريخ في المركبة الفضائية في الفضاء، إذ لا يمكن لهذه الصواريخ أن تغير مقدار سرعة هذه المركبة في الفضاء أو اتجاه حركتها لأنه لا يوجد هواء في الفضاء ترتفع الغازات الخارجة منها" . أناقش صحة قول بتول

الحل

حسب قانون حفظ الزخم الخطي فإن الغازات عندما تخرج من الصاروخ يتغير زخمها الخطي وبالتالي لابد للصاروخ ان يتغير زخمه الخطي أيضا حتى يكون الزخم الخطي للنظام محفوظا ولا علاقة للهواء الجوي بالنظام، فالنظام معزول لا يتأثر بالهواء المحيط به

مثال (49)

فسر ما يأتي:

تقف نرجس على زلاجة ساكنة موضوعة على أرضية غرفة ملساء و هي تحمل حقيبتها . وعندما قذفت حقيبتها إلى الأمام تحركت هي والزلاجة معا إلى الخلف

الحل

لان نرجس و الزلاجة و الحقيبة عبارة عن نظام فيزيائي معزول ساكن زخمه الخطي يساوي صفر ، فعند قذف الحقيبة حتى يبقى الزخم الخطي الكلي للنظام محفوظا لا بد ان تتحرك الزلاجة و نرجس بالاتجاه المعاكس وبسرعة مناسبة حتى يكون مجموع زخم كلا من الزلاجة و نرجس و الحقيبة يساوي صفرا

مثال (50)

يقف صياد على سطح قارب صيد طويل ساكن، ثم يتحرك من نهاية القارب نحو مقدمته ، فأجيب عما يأتي:

أ) هل يتحرك القارب أم لا ؟ فسر إجابتك

ب) قارن بين مجموع الزخم الخطي للقارب و الصياد قبل بدء حركة الصياد و بعد حركته.

الحل

أ) نعم يتحرك، وذلك لان الصياد و القارب نظام مغلق فحتى يبقى الزخم الخطي محفوظا لا بد ان يتحرك القارب في الاتجاه المعاكس

ب) مجموع الزخم الخطي للقارب و الصياد يمثل الزخم الكلي للنظام لذلك فإنه يساوي صفر

مثال (51)

حلل رائد فضاء حقيبة معدات خاصة لإصلاح خلل في الهيكل الخارجي للمركبة الفضائية، وفي أثناء ذلك انقطع الحبل الذي يثبته بالمركبة. اقترح طريقة يمكن أن يعود بها الرائد إلى المركبة الفضائية، مفسرا إجابتك

الحل

رائد الفضاء و الحقيبة نظام معزول زخمه الخطي الكلي يساوي صفر لإنه ساكن لذلك إذا قذف رائد الفضاء الحقيبة في الاتجاه المعاكس لاتجاه العودة إلى المركبة فإن رائد الفضاء حسب قانون حفظ الزخم سوف يندفع نحو بوابة المركبة

مثال (52)

علل : سرعة ارتداد المدفع أقل بكثير من سرعة انطلاق القذيفة.

الحل

حسب قانون حفظ الزخم عند انطلاق القذيفة يجب ان يكون زخم المدفع مساوي في المقدار زخم القذيفة ومعاكس له في الاتجاه ولإن المدفع كتلته كبيرة جدا مقارنة بالقذيفة فإن سرعة ارتدادها ستكون قليلة حتى يكون زخمه مساويا لزخم القذيفة

الدرس الثاني

التصادمات

تمهيد ...

في الدرس السابق درسنا أن الزخم الخطي يكون محفوظاً في التصادمات بين الاجسام، وفي هذا الدرس سنتعرف على أنواع التصادمات وكيفية الاستفادة منها في التطبيقات العملية

أنواع التصادمات

اعتمادا على الطاقة الحركية يمكن تصنيف التصادمات إلى نوعين رئيسين هما :

1 التصادم المرن

هي التصادمات التي تكون فيها الطاقة الحركية للنظام محفوظا واعتمادا على ذلك يمكن تطبيق قانونين حفظ الزخم الخطي وحفظ الطاقة الحركية كما يلي:

$$\sum P_i = \sum P_f$$
$$(m_A v_{Ai}) + (m_B v_{Bi}) = (m_A v_{Af}) + (m_B v_{Bf})$$

$$\sum KE_i = \sum KE_f$$
$$\left(\frac{1}{2} m_A v_{Ai}^2\right) + \left(\frac{1}{2} m_B v_{Bi}^2\right) = \left(\frac{1}{2} m_A v_{Af}^2\right) + \left(\frac{1}{2} m_B v_{Bf}^2\right)$$

مثال عليها : 1) تصادم كرات البلياردو 2) التصادمات بين جسيمات الغاز المثالي

2 التصادم غير المرن

هي التصادمات التي لا يكونُ مجموع الطاقة الحركيّة لأجزاء النظام قبل التصادُم مساويًا مجموعَ طاقتها الحركية بعد التصادُم؛ أي أنّ الطاقة الحركيّة للنظام غيرَ محفوظة، ولكن يكون الزخم الخطي محفوظ إذا كان النظام معزولا .

$$\sum P_i = \sum P_f$$
$$(m_A v_{Ai}) + (m_B v_{Bi}) = (m_A v_{Af}) + (m_B v_{Bf})$$

حيث أن جزءاً من الطاقة الحركية يتحول إلى:

1 تشوه في الاجسام المتصادمة 2 طاقة حرارية نتيجة الاحتكاك

مثال عليها : اصطدام كرة مطاطية بسطح صلب (مضرب مثلاً)

☑ التصادم عديم المرونة

هو نوع خاص من التصادمات غير المرنة يحدث فيه التحام (التصاق) الجسيمات المتصادمة بعد التصادم وتتحرك بنفس مقدار السرعة وعندئذ يمكن تطبيق قانون حفظ الزخم الخطي لإيجاد السرعة النهائية للجسمين الملتحمين على النحو التالي:

$$\sum P_i = \sum P_f$$

$$(m_A v_{Ai}) + (m_B v_{Bi}) = (m_A + m_B) v_f \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad v_f = \frac{(m_A v_{Ai}) + (m_B v_{Bi})}{(m_A + m_B)}$$

مثال عليها : تصادم كرتين من الصلصال معاً

السؤال 1 وضح ما المقصود بالتصادمات؟

الجواب: حدثٌ يقترب فيه جسمان أحدهما من الآخر ، ويؤثر كلٌّ منهما في الآخر بقوةٍ. وقد يتضمّنُ التصادُم تلامسًا بين جسمين، أو عدم حدوث تلامُسٍ بينهما كما في تصادُم جسيمات مشحونة على المستوى المجهري

السؤال 2 هل يمكن أن يحدث تصادم بين جسمان دون أن يتلامسا؟

الجواب: نعم يمكن ذلك بين الجسيمات الذرية المشحونة حيث إنهما يؤثران على بعضهما البعض بقوة كهربائية عند اقترابها من بعضهما البعض دون حدوث تلامس

السؤال 3 ما نوعا التصادم بحسب حفظ الطاقة الحركية؟ وما الفرق بينهما؟

الجواب: ١) تصادم مرن : الطاقة الحركية محفوظة ٢) تصادم غير مرن : الطاقة الحركية غير محفوظة

السؤال 4 في التصادمات غير المرنة يتم فقدان جزء من الطاقة الحركية بعد التصادم، ماذا يحصل لهذا الجزء المفقود؟

الجواب: إن الجزء المفقود من الطاقة الحركية يتحول إلى شكل اخر من اشكال الطاقة مثل الطاقة الحرارية أو الصوتية أو غيرها .

السؤال 5 ما المقصود بالتصادمات في بعدا واحد .

الجواب هي التصادمات التي يتحرّكُ فيها جسمان قبل التصادُم على امتداد الخط المستقيم نفسه، ويتصادمان رأسًا برأس ، بحيثُ تبقى حركتيهما بعد التصادُم على المسار المستقيم نفسه.

السؤال 6 وضح ما المقصود بالطاقة الحركية؟

هي الطاقة المرتبطة بحركة الجسم من مكان إلى أخر حركة انتقالية

مثال (53)

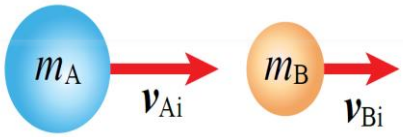
قارن بين التصادُم المَرِن، والتصادُم غير المَرِن، والتصادُم عديم المرونة من حيث: حفظ الزخم الخطيّ، حفظ الطاقة الحركية، التحام الأجسام بعد التصادُم.

الحل

وجه المقارنة	التصادم المرن	التصادم غير المرن	التصادم عديم المرونة
حفظ الزخم	محفوظ	محفوظ	محفوظ
حفظ الطاقة الحركية	محفوظة	غير محفوظة	غير محفوظة
التحام الاجسام بعد التصادم	لا تلتحم	لا تلتحم	تلتحم

مثال (54)

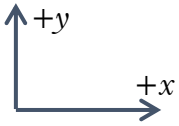
تتحرك الكرة (A) باتجاه محور $+x$ بسرعة $(6m/s)$ ، فتصطدم رأس براس بكرة أخرى (B) أمامها تتحرك باتجاه محور $+x$ بسرعة $(3m/s)$ كما في الشكل المجاور . بعد التصادم تحركت الكرة (B) بسرعة مقدارها $(5m/s)$ بالاتجاه نفسه قبل التصادم إذا علمت أن $(m_A = 5kg \ , \ m_B = 3kg)$ فأجب عما يأتي:



1. أحسب مقدار سرعة الكرة (A) بعد التصادم، واحدد اتجاهها.
2. أحدد نوع التصادم

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات

$$A:(m_A = 5Kg \ , \ v_{Ai} = +6m/s \ , \ v_{Af} = ??) \qquad B:(m_B = 3Kg \ , \ v_{Bi} = +3m/s \ , \ v_{Bf} = +5m/s)$$

1

$$\sum P_i = \sum P_f$$
$$(m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi}) = (m_A v_{Af} + m_B v_{Bf})$$
$$(5\times 6 + 3\times 3) = (5\times v_{Af} + 3\times 5)$$
$$v_{Af} = +4.8 m/s$$

بما أن السرعة موجبة فهذا يعني ان اتجاه الحركة $(+x)$

2

$$\Delta KE = \sum KE_f - \sum KE_i$$
$$= \tfrac{1}{2}(m_A v_{Af}^2 + m_B v_{Bf}^2) - \tfrac{1}{2}(m_A v_{Ai}^2 + m_B v_{Bi}^2)$$
$$= \tfrac{1}{2}(5\times 4.8^2 + 3\times 5^2) - \tfrac{1}{2}(5\times 6^2 + 3\times 3^2)$$
$$= -8.4J$$

بما أن التغيُّر في الطاقة الحركية للنظام سالبٌ، فهذا يعني حدوث نقصٍ في الطاقة الحركيّة، والكرتان لم تلتحما بعد التصادُم؛ إذًا التصادُم غيرُ مرن.

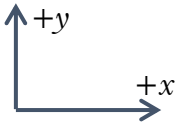
مثال (55)

عربة قطار (A) كتلتها $(1\times10^3\ kg)$ تتحرك في مسار افقي مستقيم لسكة حديد بسرعة مقدارها $(3m/s)$ باتجاه محور $+x$ ، فتصطدم بعربة أخرى (B) كتلتها $(2\times10^3\,kg)$ تقف على المسار نفسه وتلتحمان معا وتتحركان على المسار المستقيم لسكة الحديد نفسه كما في الشكل المجاور أجيب عما يأتي:

1) أحسب مقدار سرعة عربتي القطار بعد التصادم وأحدد اتجاهها

2) ما نوع التصادم؟ و هل الطاقة الحركية محفوظة في هذا النوع من التصادمات؟ أبرر إجابتي.

الحل



في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور

المعطيات

$$A:(m_A=1000Kg\ ,\ v_{Ai}=+3m/s)\qquad B:(m_B=2000Kg\ ,\ v_{Bi}=0m/s)\qquad (v_{Bf}=v_{Af}=v_f)$$

1)

$$\sum P_i=\sum P_f$$
$$(m_Av_{Ai}+m_Bv_{Bi})=(m_Av_{Af}+m_Bv_{Bf})$$
$$(1000\times3+2000\times0)=(1000+2000)v_f$$
$$v_f=\frac{(1000\times3+2000\times0)}{(1000+2000)}$$
$$=+1m/s\quad ,\ +x$$

2)

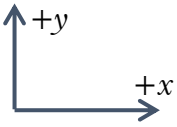
بما ان الجسمين التحما فالتصادم عديم المرونة والطاقة الحركية غير محفوظة فيه وفيما يلي نحسب مقدار الخسران في الطاقة

$$\Delta KE=\sum KE_f-\sum KE_i$$
$$=\tfrac{1}{2}(m_Av_{Af}^2+m_Bv_{Bf}^2)-\tfrac{1}{2}(m_Av_{Ai}^2+m_Bv_{Bi}^2)$$
$$=\tfrac{1}{2}(1000\times1^2+2000\times1^2)-\tfrac{1}{2}(1000\times3^2+2000\times0^2)$$
$$=-3000J$$

مثال (56)

كرتا بلياردو $(A\ ,\ B)$ لهما نفس الكتلة و تتحركان في الاتجاه نفسه في خط مستقيم كما هو موضح في الشكل المجاور قبل التصادم مقدار سرعة الكرة A يزيد بمقدار $(1.2\ m/s)$ عن مقدار سرعة الكرة (B) . بعد التصادم مقدار سرعة الكرة (A) يساوي مقدار سرعة الكرة (B) قبل التصادم ومقدار سرعة الكرة (B) يزيد بمقدار $(1.2m/s)$ عن مقدار سرعة الكرة (A) هل التصادم مرن أم غير مرن ؟ وضح إجابتك

الحل



في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور

المعطيات $m_A=m_B=m\quad ,(v_{Ai}=(1.2+v)\quad v_{Bi}=v),(v_{Af}=v\quad v_{Bf}=(1.2+v))$

لمعرفة إذا كان التصادم مرن أم لا لا بد من حساب التغير في مقدار الطاقة الحركية للنظام كاملا

$$\Delta KE = \sum KE_f - \sum KE_i$$
$$= \frac{1}{2}\left(m_A v_{Ai}^2 + m_B v_{Bi}^2\right) - \frac{1}{2}\left(m_A v_{Af}^2 + m_B v_{Bf}^2\right)$$
$$= \frac{1}{2}\left(mv^2 + m(1.2+v)^2\right) - \frac{1}{2}\left(m(1.2+v)^2 + mv^2\right)$$
$$= 0$$

بما ان التغير في الطاقة الحركية للنظام كاملا يساوي صفر إذا فالتصادم مرن

مثال (57)

عربتان $(A \ , \ B)$ تتحركان بالجاهين متعاكسين على مسار افقي مستقيم أملس كما في الشكل المجاور فتصطدمان رأسا برأس وترتدان بالجاهين متعاكسين على المسار المستقيم نفسه. إذا علمت أن كتلة العربة (A) تساوي $(0.5kg)$ وسرعة العربتين بعد التصادم مباشرة: $(v_{Bf} = 0.8m/s)$, $(v_{Af} = -1.5m/s)$

فأجيب عما يأتي:

أ) أحسب مقدار كتلة العربة (B)

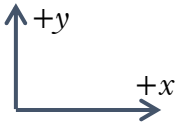
2 استخدم قانون نيوتن الثالث في الحركة لتوضيح سبب أن

3 إن الزخم الخطي محفوظا في هذا التصادم

ج) وضح هل التصادم مرن أم غير مرن؟

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات

$$A: (m_A = 0.5Kg \ , v_{Ai} = +4.5m/s \quad v_{Af} = -1.5m/s)$$
$$B: (m_B = ??? \quad , v_{Bi} = -3.2m/s \quad v_{Bf} = 0.8m/s)$$

1

$$\sum P_i = \sum P_f$$
$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$
$$(0.5\times 4.5) + (m_B \times -3.2) = (0.5\times -1.5) + (m_B \times 0.8)$$
$$\Rightarrow \quad m_B = 0.75kg$$

2

$$F_{AB} = -F_{BA}$$
$$\Delta t \times F_{AB} = -F_{BA} \times \Delta t$$
$$I_{AB} = -I_{BA}$$
$$\Delta P_B = -\Delta P_A$$
$$(P_{Bf} - P_{Bi}) = -(P_{Af} - P_{Ai})$$
$$P_{Bf} + P_{Af} = P_{Ai} + P_{Bi}$$
$$\sum P_f = \sum P_A$$

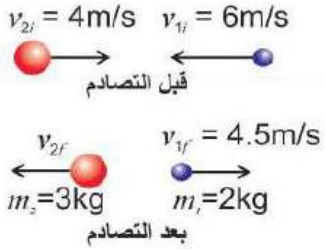
3

$$\Delta KE = \sum KE_f - \sum KE_i$$
$$= \frac{1}{2}\left(m_A v_{Af}^2 + m_B v_{Bf}^2\right) - \frac{1}{2}\left(m_A v_{Ai}^2 + m_B v_{Bi}^2\right)$$
$$= \frac{1}{2}\left((0.5)(1.5)^2 + (0.75)(0.8)^2\right) - \frac{1}{2}\left((0.5)(4.5)^2 + (0.75)(3.2)^2\right)$$
$$= -8.1\ J$$

بما أن الطاقة قلت والعربتان لم يلتحمان إذا التصادم غير مرن

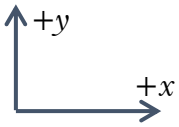
مثال (58)

تتحرك كرة كتلتها $(2kg)$ باتجاه الغرب بسرعة مقدارها $(6m/s)$ فتصطدم بكرة أخرى كتلتها $(3kg)$ تتحرك نحو الشرق بسرعة $(4m/s)$ كما في الشكل المجاور إذا أصبحت سرعة الكرة الأولى بعد التصادم $(4.5kg)$ باتجاه الشرق وارتدت الكرة الثانية باتجاه الغرب كما في الشكل المجاور علما أن زمن التصادم $(0.02s)$ جد،



1. سرعة الكرة الثانية بعد التصادم
2. متوسط القوة التي أثرت بها الكرة الأولى على الثانية أثناء التصادم
3. حدد نوع التصادم

الحل



في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور

المعطيات

$$A:(m_A=2Kg\ ,\ v_{Ai}=-6m/s\ ,\ v_{Af}=+4.5m/s)\quad B:(m_B=3Kg\ ,\ v_{Bi}=+4m/s)\quad \Delta t=0.02s$$

1

$$\sum P_i=\sum P_f$$
$$(m_Av_{Ai}+m_Bv_{Bi})=m_Av_{Af}+m_Bv_{Bf}$$
$$(2\times(-6)+3\times(+4))=(2\times(4.5)+3v_{Bf})$$
$$v_{Bf}=-3m/s$$
$$=3m/s\quad ,\ -x$$

2

$$\sum F=\frac{\Delta p}{\Delta t}=\frac{m_B(v_{Bf}-v_{Bi})}{\Delta t}$$
$$=\frac{3(-3-4)}{0.02}=-1050\,N$$

ولان الجواب سالب فهذا يدل على أن اتجاه القوة نحو الغرب

3

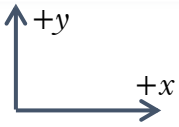
$$\Delta KE=\sum KE_f-\sum KE_i$$
$$=\tfrac{1}{2}(m_Av_{Af}^2+m_Bv_{Bf}^2)-\tfrac{1}{2}(m_Av_{Ai}^2+m_Bv_{Bi}^2)$$
$$=\tfrac{1}{2}(2\times4.5^2+3\times3^2)-\tfrac{1}{2}(2\times6^2+3\times4^2)$$
$$=-29.25J$$

بما أن الطاقة الحركية قلت ولم يلتحم الجسمان فالتصادم غير مرن

مثال (59)

كرة صلصال كتلتها $(2kg)$ تتحرك شرقا بسرعة ثابتة وتصطدم بكرة صلصال أخرى ساكنة فتلتحمان معا و تتحركان شرقا بسرعة يساوي مقدارها ربع السرعة الابتدائية للكرة الأولى أحسب مقدار كتلة الكرة الثانية

الحل



في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور

المعطيات

$$A:(m_A=2Kg)\quad B:(m_B=??\ ,\ v_{Bi}=0)\quad (v_f=\tfrac{1}{4}v_{Ai})$$

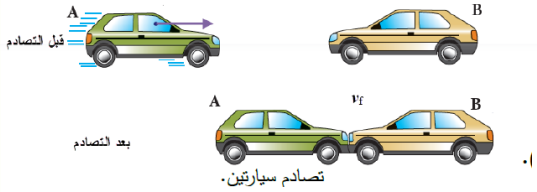
$$\sum P_i=\sum P_f$$
$$(m_Av_{Ai}+m_Bv_{Bi})=(m_A+m_B)v_f$$
$$(2v_{Ai}+0)=(2+m_B)v_f$$
$$(2v_{Ai}+0)=(2+m_B)\left(\frac{v_{Ai}}{4}\right)\quad\Rightarrow\quad m_B=6kg$$

مثال (60)

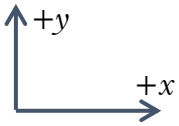
السيارة (A) كتلتها $(1\times10^3\ kg)$ تتحرك بسرعة $(8.8m/s)$ باتجاه محور $+x$، فتصطدم رأسا برأس بسيارة ساكنة (B) كتلتها $(1.2\times10^3\ kg)$ و تلتحم السيارتان معا بعد التصادم و تتحركا على امتداد المستقيم نفسه قبل التصادم، كما في الشكل المجاور أحسب مقدار ما يأتي:

1) سرعة السيارتان بعد التصادم، واحدد اتجاهها

2) الدفع الذي توثر به السيارة (B) في السيارة (A)



الحل



في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور

المعطيات $A:(m_A=1000kg\ ,v_{Ai}=+8.8m/s)\qquad B:(m_B=1200kg\ ,v_{Bi}=0)$

1)

$$\sum P_i=\sum P_f$$
$$m_Av_{Ai}+m_Bv_{Bi}=(m_A+m_B)v_f$$
$$(1000\times8.8)+(1200\times0)=(1000+1200)v_f$$
$$v_f=+4m/s$$
$$v_f=4m/s\quad,\quad +x$$

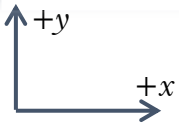
2) الدفع المؤثر في السيارة (A) يساوي التغير في زخمها

$$I_{BA}=\Delta p_A=m_A(v_{Af}-v_{Ai})$$
$$=(1000)(4-8.8)$$
$$=-4800\,m/s$$
$$=4800m/s\quad,-x$$

مثال (61)

يتحرك جسم كتلته $(16kg)$ في الاتجاه $+x$ بسرعة مقدارها $(3m/s)$، ويتحرك جسم اخر كتلته $(4kg)$ في الاتجاه $-x$ بسرعة مقدارها $(5m/s)$، يصطدم الجسمان بشكل مباشر ويلتحمان جد سرعتهما بعد التصادم.

الحل



في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور

المعطيات $A:(m_A=16Kg\ ,v_{Ai}=+3m/s)\qquad B:(m_B=4Kg\ ,v_{Bi}=-5m/s)$

$$\sum P_i=\sum P_f$$
$$(m_Av_{Ai}+m_Bv_{Bi})=(m_A+m_B)v_f$$
$$(16\times3+4\times(-5))=(16+4)v_f$$
$$v_f=+\frac{7}{5}$$
$$=1.4m/s\quad,\ +x$$

مثال (62)

عندما تتصادم سيارتان، فإنهما لا تلتحمان معا ، فهل يعني ذلك أن تصادمهما مرن ؟ وضح إجابتك

الحل

لا ، عدم التحام السيارتين يدل على ان التصادم ليس تصادم عديم المرونة ولكن يمكن ان يكون تصادم مرن أو تصادم غير مرن حسب قانون حفظ الطاقة الحركية وغالبا بسبب حدوث تشوهات في الاجسام المتصادمة فالتصادم يكون تصادم غير مرن لان جزء من الطاقة الحركية تحول لإحداث هذا التشوه

مثال (63)

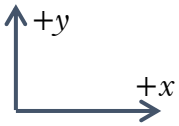
تتحرك شاحنة غربا بسرعة ثابتة فتصطدم تصادما عديم المرونة مع سيارة صغيرة تتحرك شرقا بمقدار سرعة الشاحنة نفسها

أجيب عما يأتي:

1) أيهما يكون مقدار التغير في زخمها الخطي أكبر : الشاحنة أم السيارة

2) أيهما يكون مقدار التغير في طاقتها الحركية أكبر: الشاحنة أم السيارة ؟

الحل



في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور

بفرض أن الشاحنة (A) والسيارة (B)

المعطيات $m_A > m_B \quad v_{Ai} = -v_i \quad v_{Bi} = +v_i \quad v_{Af} = v_{Bf} = v_f$

1) حسب قانون حفظ الزخم الخطي فإن

$$\sum P_i = \sum P_f$$
$$P_{iA} + P_{iB} = P_{fA} + P_{fB}$$
$$P_{iA} - P_{fA} = P_{fB} - P_{iB}$$
$$-(P_{fA} - P_{iA}) = (P_{fB} - P_{iB})$$
$$-\Delta P_A = \Delta P_B$$

أي ان التغير في الزخم الخطي لكلا الجسمين متساوي في المقدار ومتعاكس في الاتجاه

2)

$$\Delta KE_A = \frac{1}{2} m_A \left(v_f^2 - v_i^2\right) .....(1)$$

$$\Delta KE_B = \frac{1}{2} m_B \left(v_f^2 - v_i^2\right) .....(2)$$

بقسمة المعادلتين على بعضهما:

$$\frac{\Delta KE_A}{\Delta KE_B} = \frac{\frac{1}{2} m_A \left(v_f^2 - v_i^2\right)}{\frac{1}{2} m_B \left(v_f^2 - v_i^2\right)} \Rightarrow \frac{\Delta KE_A}{\Delta KE_B} = \frac{m_A}{m_B} > 1$$

أي أن التغير في الطاقة الحركية للشاحنة أكبر منه للسيارة

مثال (64)

تصادم جسمان تصادم مرنا أجيب عما يأتي:

1) هل مقدار الزخم الخطي لكل جسم قبل التصادم يساوي مقدار زخمه بعد التصادم ؟ فسر إجابتي

2) هل مقدار الطاقة الحركية لكل جسم قبل التصادم يساوي مقدار طاقته الحركية بعد التصادم ؟ أفسر إجابتي

الحل

1) لا في التصادم المرن يكون الزخم الكلي للنظام محفوظا اما زخم الاجسام نفسها فلا يكون محفوظا حيث ان جزء من زخم احدى الاجسام المتصادمة ينتقل إلى الجسم الاخر

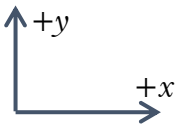
2) لا ، كما في الفرع الأول فإن جزءا من الطاقة الحركية لاحد الاجسام ينتقل إلى الجسم الاخر لذلك فالطاقة الحركية لاي جسم لا تكون محفوظة وانما الطاقة الحركية الكلية للنظام كاملا يكون محفوظاً

مثال (65)

كرتا بلياردو كتلة كل منهما $(0.16kg)$ تتحرك الكرة الحمراء (A) باتجاه محور $+x$ بسرعة $(2m/s)$ نحو الكرة الزرقاء (B) الساكنة وتتصادمان رأس برأس تصادما مرنا كما في الشكل المجاور، أحسب مقدار سرعة الكرة (B) بعد التصادم، وأحدد اتجاهها

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات

$$A:(m_A=0.16Kg\ ,\ v_{Ai}=+2m/s\ ,\ v_{Af}=??) \qquad B:(m_B=0.16Kg\ ,\ v_{Bi}=0m/s\ ,\ v_{Bf}=??)$$

$$\sum KE_i=\sum KE_f$$

$$\frac{1}{2}\left(m_Av_{Ai}^2+m_Bv_{Bi}^2\right)=\frac{1}{2}\left(m_Av_{Af}^2+m_Bv_{Bf}^2\right)$$

$$\left(m_Av_{Ai}^2+m_Bv_{Bi}^2\right)=\left(m_Av_{Af}^2+m_Bv_{Bf}^2\right)$$

$$\left(0.16\times(2)^2+0.16\times(0)^2\right)=\left(0.16v_{Af}^2+0.16v_{Bf}^2\right)$$

$$4=v_{Af}^2+v_{Bf}^2 \quad .....(1)$$

$$\sum P_i=\sum P_f$$

$$\left(m_Av_{Ai}+m_Bv_{Bi}\right)=\left(m_Av_{Af}+m_Bv_{Bf}\right)$$

$$\left(0.16\times2+0.16\times0\right)=\left(0.16\times v_{Af}+0.16\times v_{Bf}\right)$$

$$2=v_{Af}+v_{Bf} \quad .....(2)$$

بإعادة ترتيب حدود المعادلة الثانية

$$v_{Af}=2-v_{Bf} \quad .....(3)$$

بتعويض المعادلة (3) في معادلة (1)

$$4=\left(2-v_{Bf}\right)^2+v_{Bf}^2$$

$$4=\left(4-4v_{Bf}+v_{Bf}^2\right)+v_{Bf}^2$$

$$2v_{Bf}^2-4v_{Bf}=0$$

$$v_{Bf}^2-2v_{Bf}=0$$

$$v_{Bf}\left(v_{Bf}-2\right)=0 \qquad v_{Bf}=0 \quad \text{or} \quad v_{Bf}=2m/s$$

الجواب $(v_{Bf}=0)$ لا يمكن اعتماده لأنه يعني الجسم الثاني لم يتحرك ابداً لذلك الجواب الصحيح فقط هو $(v_{Bf}=2m/s)$

ولأنها موجبة فإنها باتجاه $(+x)$

وبتعويض $(v_{Bf}=2m/s)$ في المعادلة (3) نجد أن

$$v_{Af}=0$$

استنتاج هام جدا....

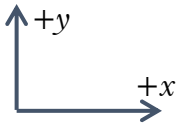
عند تصادم جسمين تصادما مرن رأس براس والجسمين لهما نفس الكتلة فإن الجسمين بعد التصادم يتبادلان مقدار السرعة

مثال (66)

جسم كتلته $(4kg)$ يتحرك إلى اليمين بسرعة $(2m/s)$ ، اصطدم بجسم اخر كتلته $(2kg)$ ، ويتحرك في الاتجاه المعاكس وبمقدار السرعة نفسها ، احسب سرعة كل من الجسمين بعد التصادم مباشرة إذا كان التصادم مرناً

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات $A:(m_A=4kg \ , v_{Ai}=+2m/s)$ $B:(m_B=2kg \ , v_{Bi}=-2m/s)$

$$\sum KE_i=\sum KE_f$$

$$\frac{1}{2}\left(m_Av_{Ai}^2+m_Bv_{Bi}^2\right)=\frac{1}{2}\left(m_Av_{Af}^2+m_Bv_{Bf}^2\right)$$

$$\left(m_Av_{Ai}^2+m_Bv_{Bi}^2\right)=\left(m_Av_{Af}^2+m_Bv_{Bf}^2\right)$$

$$\left(4\times(2)^2+2\times(2)^2\right)=\left(4v_{Af}^2+2v_{Bf}^2\right)$$

$$12=2v_{Af}^2+v_{Bf}^2 \quad .....(1)$$

$$\sum P_i=\sum P_f$$

$$\left(m_Av_{Ai}+m_Bv_{Bi}\right)=\left(m_Av_{Af}+m_Bv_{Bf}\right)$$

$$\left((4\times2)+(2\times-2)\right)=\left(4\times v_{Af}+2\times v_{Bf}\right)$$

$$2=2v_{Af}+v_{Bf} \quad .....(2)$$

بإعادة ترتيب حدود المعادلة الثانية

$$v_{Bf}=2-2v_{Af} \quad .....(3)$$

بتعويض المعادلة (3) في معادلة (1)

$$12=2v_{Af}^2+\left(2-2v_{Af}\right)^2$$

$$12=2v_{Af}^2+\left(4-8v_{Af}+4v_{Af}^2\right)$$

$$6v_{Af}^2-8v_{Af}-8=0$$

$$3v_{Af}^2-4v_{Af}-4=0$$

$$(3v_{Af}+2)(v_{Af}-2)=0$$

$$v_{Af}=\frac{-2}{3}m/s \quad \text{or} \quad v_{Af}=2m/s$$

الجواب $(v_{Af}=2)$ مرفوض لانه يمثل السرعة الابتدائية للجسم

بتعويض الجواب في معادلة (3) نحصل على سرعة الجسم الثاني

$$v_{Bf}=2-2v_{Af}=2-2\left(-\frac{2}{3}\right)=-\frac{10}{3}\ m/s$$

مثال (67)

جسم سرعته $(55m/s)$ وكتلته (m_1) تصادم تصادما مرنا مع جسم اخر ساكن كتلته $(5kg)$ وبعد التصادم تحرك الجسم الأول في الاتجاه المعاكس بسرعة $(20m/s)$ ،احسب كلا مما يأتي:

1. كتلة الجسم الأول
2. سرعة الجسم الثاني بعد التصادم مباشرة

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة في اتجاه الجسم الاول (A) الابتدائي

المعطيات $A:(m_A=??\ , v_{Ai}=55m/s \quad v_{Af}=-20m/s)$ $B:(m_B=5kg \ , v_{Bi}=0)$

1

$$\sum KE_i = \sum KE_f$$

$$\frac{1}{2}\left(m_A v_{Ai}^2 + m_B v_{Bi}^2\right) = \frac{1}{2}\left(m_A v_{Af}^2 + m_B v_{Bf}^2\right)$$

$$\left(m_A v_{Ai}^2 + m_B v_{Bi}^2\right) = \left(m_A v_{Af}^2 + m_B v_{Bf}^2\right)$$

$$\left(m_A \times (55)^2 + 5\times(0)^2\right) = \left(m_A (20)^2 + 5v_{Bf}^2\right)$$

$$2625m_A - 5v_{Bf}^2 = 0$$

$$525m_A - v_{Bf}^2 = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

$$\sum P_i = \sum P_f$$

$$\left(m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi}\right) = \left(m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}\right)$$

$$\left(m_A \times 55 + 5\times 0\right) = \left(m_A \times (-20) + 5v_{Bf}\right)$$

$$75m_A - 5v_{Bf} = 0$$

$$15m_A - v_{Bf} = 0 \quad \ldots\ldots\ldots(2)$$

بإعادة ترتيب حدود المعادلة الأولى

$$525m_A = v_{Bf}^2 \quad \ldots\ldots\ldots(3)$$

بإعادة ترتيب حدود المعادلة الثانية

$$15m_A = v_{Bf} \quad \ldots\ldots\ldots(4)$$

بقسمة المعادلة (3) على المعادلة (4)

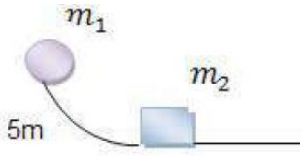
$$\frac{525m_A = v_{Bf}^2}{15m_A = v_{Bf}} \Rightarrow v_{Bf} = 35 m/s$$

2

وبتعويض ناتج السرعة في أي من المعادلتين (3) او (4) نجد مقدار الكتلة

$$15m_A = 35 \quad \Rightarrow m_A = \frac{35}{15} = \frac{7}{3} m/s$$

مثال (68)

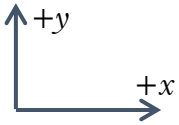


تنزلق كتلة $(5kg)$ من السكون من ارتفاع $(5m)$ على مسار أملس، وعند أسفل المسار تصطدم اصطداما مرنا بكرة أخرى ساكنة كتلتها $(10kg)$ ، جد اقصى ارتفاع تصل على الكتلة الأولى بعد الاصطدام

اعتبر ان تسارع الجاذبية الأرضية $\left(g = 10 m/s^2\right)$

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات $A:(m_A = 5kg) \quad B:(m_B = 10kg \quad v_{Bi} = 0) \quad h = 5m$

الكتلة الأولى عند اقصى ارتفاع تكون مختزنة طاقة وضع مقدارها $PE = h \times g \times m = 5\times 10\times 5 = 250 J$

قبل التصادم الكتلتان تكون طاقة الوضع المختزنة في الكتلة الأولى تحولت إلى طاقة حركية

$$PE = KE = \frac{1}{2} m v_{Ai}^2$$

$$250 = \frac{1}{2}(5) v_{Ai}^2 \quad \Rightarrow v_{Ai} = 10 m/s$$

الان نطبق قوانين حفظ الزخم و الطاقة الحركية لإيجاد سرعة كل من الجسمين بعد التصادم

$$\sum KE_i = \sum KE_f$$

$$\frac{1}{2}\left(m_A v_{Ai}^2 + m_B v_{Bi}^2\right) = \frac{1}{2}\left(m_A v_{Af}^2 + m_B v_{Bf}^2\right)$$

$$\left(m_A v_{Ai}^2 + m_B v_{Bi}^2\right) = \left(m_A v_{Af}^2 + m_B v_{Bf}^2\right)$$

$$\left(5\times(10)^2 + 10\times(0)^2\right) = \left(5v_{Af}^2 + 10v_{Bf}^2\right)$$

$$100 = v_{Af}^2 + 2v_{Bf}^2 \quad \ldots\ldots\ldots(1)$$

$$\sum P_i = \sum P_f$$

$$(m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi}) = (m_A v_{Af} + m_B v_{Bf})$$

$$(5\times 10 + 10\times 0) = (5\times v_{Af} + 10 v_{Bf})$$

$$10 = v_{Af} + 2v_{Bf} \quad \text{.....(2)}$$

بإعادة ترتيب حدود المعادلة الثانية

$$v_{Af} = 10 - 2v_{Bf} \quad \text{.....(3)}$$

بتعويض المعادلة (3) في معادلة (1)

$$100 = (10 - 2v_{Bf})^2 + 2v_{Bf}^2$$

$$100 = 100 - 40v_{Bf} + 4v_{Bf}^2 + 2v_{Bf}^2$$

$$6v_{Bf}^2 - 40v_{Bf} = 0$$

$$v_{Bf}(6v_{Bf} - 40) = 0$$

$$v_{Bf} = 0 \quad \text{or} \quad v_{Bf} = \frac{40}{6} = \frac{20}{3}\,m/s$$

الجواب $(v_{Bf} = 0)$ مرفوض لأنه يمثل السرعة الابتدائية وبتعويض $v_{Bf} = \frac{20}{3}\,m/s$ في المعادلة (3) نجد أن

$v_{Af} = \frac{-10}{3}\,m/s$ أي ان الجسم الأول يرتد بسرعة مقدارها $v_{Af} = \frac{10}{3}\,m/s$ نحو $(-x)$ وعند صعوده باتجاه الأعلى تتحول طاقته الحركية إلى طاقة وضع لذلك فإن

$$KE = PE$$

$$\frac{1}{2}mv_{Af}^2 = h\times g\times m$$

$$h = \frac{v_{Af}^2}{2g} = \frac{\left(\frac{10}{3}\right)^2}{2\times 10} = \frac{5}{9}\,m$$

مسائل إضافية على التصادمات

مثال (69)

أطلقت مريم سهما كتلته $(0.2\ kg)$ بسرعة مقدارها $(15m/s)$ باتجاه الغرب نحو هدف ساكن كتلته $(5.8kg)$ فاصطدم به واستقر فيه و تحركا كجسم واحد بعد التصادم احسب مقدار ما يأتي:

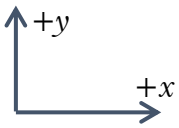
1) السرعة النهائية لنظام السهم و الهدف بعد التصادم

2) التغير في الطاقة الحركية للنظام

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور

بفرض السهم (A) والهدف (B)



المعطيات

$$A:(m_A=0.2kg\ ,\ v_{Ai}=-15m/s) \qquad B:(m_B=5.8kg\ ,\ v_{Bi}=0)$$

1)

$$\sum P_i=\sum P_f$$
$$m_Av_{Ai}+m_Bv_{Bi}=(m_A+m_B)v_f$$
$$(0.2\times-15)+(5.8\times0)=(0.2+5.8)v_f$$
$$v_f=-0.5m/s$$
$$v_f=0.5m/s\quad,\quad -x$$

2)

$$\Delta KE=\sum KE_f-\sum KE_i$$
$$=\frac{1}{2}(m_A+m_B)v_f^2-\frac{1}{2}(m_Av_{Af}^2+m_Bv_{Bf}^2)$$
$$=\frac{1}{2}(0.2+5.8)(0.5)^2-\frac{1}{2}\left((0.2)(15)^2+(5.8)(0)^2\right)$$
$$=-21.75J$$

مثال (70)

عربة قطار كتلتها $(2000kg)$ تتحرك على قضبان مستقيمة افقية بسرعة $(2m/s)$ اصطدمت بها عربة أخرى كتلتها $(3000kg)$ تسير في الاتجاه نفسه وبسرعة $(5m/s)$ وتحركا معا كجسم واحد، فما مقدار السرعة المشتركة بعد التصادم

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة في اتجاه الحركة الابتدائية (بفرض العربة الأولى (A) و العربة الثانية (B))

المعطيات

$$A:(m_A=2000kg\ ,\ v_{Ai}=2m/s) \qquad B:(m_B=3000kg\ ,\ v_{Bi}=5m/s)$$

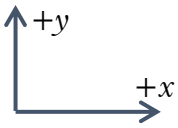
$$\sum P_i=\sum P_f$$
$$(m_Av_{Ai}+m_Bv_{Bi})=(m_A+m_B)v_f$$
$$(2000\times2+3000\times5)=(2000+3000)v_f$$
$$v_f=+\frac{19}{5}m/s$$
$$=+3.8m/s\quad,\quad +x$$

مثال (71)

كرة كتلتها $(0.4kg)$ وسرعتها $(3m/s)$ شرقا تصطدم بكرة أخرى ساكنة تصادما مرنا كتلتها $(0.6kg)$ ،جد مقدار سرعة كل من الكرتين بعد التصادم مباشرة

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات $A:(m_A=0.4Kg\ ,\ v_{Ai}=3m/s)\qquad B:(m_B=0.6Kg\ ,\ v_{Bi}=0)$

$$\sum KE_i=\sum KE_f$$

$$\frac{1}{2}\left(m_Av_{Ai}^2+m_Bv_{Bi}^2\right)=\frac{1}{2}\left(m_Av_{Af}^2+m_Bv_{Bf}^2\right)$$

$$\left(m_Av_{Ai}^2+m_Bv_{Bi}^2\right)=\left(m_Av_{Af}^2+m_Bv_{Bf}^2\right)$$

$$\left(0.4\times(3)^2+0.6\times(0)^2\right)=\left(0.4v_{Af}^2+0.6v_{Bf}^2\right)$$

$$18=2v_{Af}^2+3v_{Bf}^2 \quad .....(1)$$

$$\sum P_i=\sum P_f$$

$$\left(m_Av_{Ai}+m_Bv_{Bi}\right)=\left(m_Av_{Af}+m_Bv_{Bf}\right)$$

$$\left(0.4\times3+0.6\times0\right)=\left(0.4\times v_{Af}+0.6\times v_{Bf}\right)$$

$$6=2v_{Af}+3v_{Bf} \quad .....(2)$$

بإعادة ترتيب حدود المعادلة الثانية

$$v_{Af}=\frac{6-3v_{Bf}}{2} \quad .....(3)$$

بتعويض المعادلة (3) في معادلة (1)

$$18=2\left(\frac{6-3v_{Bf}}{2}\right)^2+3v_{Bf}^2$$

$$18=2\left(\frac{36-36v_{Bf}+9v_{Bf}^2}{4}\right)+3v_{Bf}^2$$

$$36=36-36v_{Bf}+9v_{Bf}^2+6v_{Bf}^2$$

$$15v_{Bf}^2-36v_{Bf}=0 \qquad \Rightarrow v_{Bf}=0\ ,\ v_{Bf}=2.4m/s$$

الجواب $(v_{Bf}=0)$ لا يمكن اعتماده لأنه يعني الجسم الثاني لم يتحرك ابداً لذلك الجواب الصحيح فقط هو $(v_{Bf}=2.4m/s)$

ولأنها موجبة فإنها باتجاه $(+x)$

وبتعويض $(v_{Bf}=2.4m/s)$ في المعادلة (3) نجد أن

$$v_{Af}=-0.6m/s$$

أي ان الجسم الأول ارتد بالاتجاه المعاكس (غربا)

مثال (72)

أطلقت رصاصة كتلتها $(30\,g)$ بسرعة $(500m/s)$ على قطعة خشبية ساكنة معلقة كبندول كتلتها $(0.75kg)$ فاخترقتها و خرجت منها بسرعة $(100m/s)$ ، جد كلا مما يأتي :

1) سرعة القطعة الخشبية بعد الاصطدام مباشرة

2) مقدار الطاقة الحركية المفقودة

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة في اتجاه الرصاصة الابتدائي (بفرض الرصاصة (A) و الكتلة الخشبية (B))

المعطيات

$$A:\left(m_A=30g=3\times10^{-2}kg\ ,\ v_{Ai}=500m/s\quad v_{Af}=100m/s\right)\qquad B:\left(m_B=75\times10^{-2}kg\ ,\ v_{Bi}=0\right)$$

1)

$$\sum P_i=\sum P_f$$
$$\left(m_Av_{Ai}+m_Bv_{Bi}\right)=\left(m_Av_{Af}+m_Bv_{Bf}\right)$$
$$\left(\left(3\times10^{-2}\times500\right)+0.75\times0\right)=\left(\left(3\times10^{-2}\times100\right)+\left(0.75\times v_{Bf}\right)\right)$$
$$v_{Bf}=16m/s$$

2)

$$\Delta KE=\sum KE_f-\sum KE_i$$
$$=\tfrac{1}{2}\left(m_Av_{Af}^2+m_Bv_{Bf}^2\right)-\tfrac{1}{2}\left(m_Av_{Ai}^2+m_Bv_{Bi}^2\right)$$
$$=\tfrac{1}{2}\left(3\times10^{-2}\times100^2+0.75\times16^2\right)-\tfrac{1}{2}\left(3\times10^{-2}\times500^2+0.75\times0^2\right)$$
$$=-3504J$$

مثال (73)

تطلق رصاصة كتلتها $(8\,g)$ في اتجاه افقي وتنغرز في جسم خشبي كتلته $(9kg)$ معلق رأسيا في خيط طوله $(50cm)$ فتحرك الجسمان معا بسرعة $(0.4m/s)$ ، ما السرعة الابتدائية للرصاصة.

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة في اتجاه الرصاصة الابتدائي (بفرض الرصاصة (A) و الكتلة الخشبية (B))

المعطيات

$$A:\left(m_A=8g=8\times10^{-3}kg\right)\quad B:\left(m_B=9kg=9000\times10^{-3}kg\quad v_{Bi}=0\right)\quad\left(v_{Af}=v_{Bf}=v_F=0.4m/s\right)$$

$$\sum P_i=\sum P_f$$
$$\left(m_Av_{Ai}+m_Bv_{Bi}\right)=\left(m_A+m_B\right)v_f$$
$$\left(\left(8\times10^{-3}\right)\times v_{Ai}+\left(9000\times10^{-3}\right)(0)\right)=\left(\left(8\times10^{-3}\right)+\left(9000\times10^{-3}\right)\right)\left(\left(4\times10^{-1}\right)\right)$$
$$\left(8\times10^{-3}\right)\times v_{Ai}=\left(9008\times10^{-3}\right)\left(\left(4\times10^{-1}\right)\right)$$
$$v_{Ai}=450.4m/s$$

مثال (74)

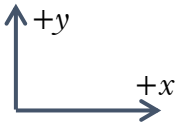
جسم كتلته $(2kg)$ يتحرك بسرعة $(4m/s)$ باتجاه $+x$ تصادما مرنا مع جسم اخر ساكن وبعد التصادم تحرك الجسم الثاني بسرعة $(5m/s)$ باتجاه $+x$، احسب كلا مما يأتي:

أ) كتلة الجسم الثاني

ب) سرعة الجسم الأول بعد التصادم مباشرة

الحل

في هذه المسألة سنفرض الاتجاهات الموجبة كما في الشكل المجاور



المعطيات

$$A:(m_A=2kg \quad , \quad v_i=4m/s) \qquad B:(v_{Bi}=0 \quad , \quad v_{Bf}=5m/s)$$

$$\sum KE_i=\sum KE_f$$

$$\frac{1}{2}\left(m_A v_{Ai}^2+m_B v_{Bi}^2\right)=\frac{1}{2}\left(m_A v_{Af}^2+m_B v_{Bf}^2\right)$$

$$\left(m_A v_{Ai}^2+m_B v_{Bi}^2\right)=\left(m_A v_{Af}^2+m_B v_{Bf}^2\right)$$

$$\left(2\times(4)^2+m_B\times(0)^2\right)=\left(2v_{Af}^2+m_B(5)^2\right)$$

$$32=2v_{Af}^2+25m_B \quad .....(1)$$

$$\sum P_i=\sum P_f$$

$$\left(m_A v_{Ai}+m_B v_{Bi}\right)=\left(m_A v_{Af}+m_B v_{Bf}\right)$$

$$\left(2\times4+m_B\times0\right)=\left(2\times v_{Af}+5m_B\right)$$

$$8=2v_{Af}+5m_B \quad .....(2)$$

بإعادة ترتيب حدود المعادلة الثانية

$$m_B=\frac{8-2v_{Af}}{5} \quad .....(3)$$

بتعويض المعادلة (3) في معادلة (1)

$$32=2v_{Af}^2+25\left(\frac{8-2v_{Af}}{5}\right)$$

$$32=2v_{Af}^2+5(8-2v_{Af})$$

$$32=2v_{Af}^2+40-10v_{Af}$$

$$v_{Af}^2-5v_{Af}+4=0$$

$$(v_{Af}-4)(v_{Af}-1)=0 \quad \Rightarrow v_{Af}=1 \text{ or } v_{Af}=4$$

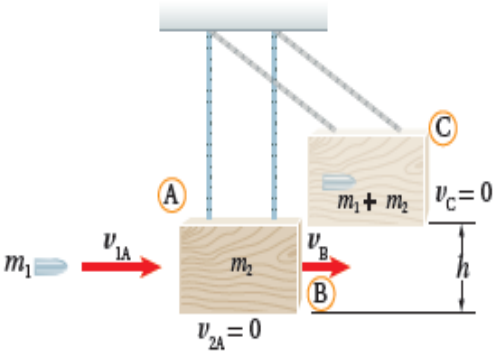
الجواب $(v_{Af}=4)$ مرفوض لأنه يمثل السرعة الابتدائية

وبتعويض $(v_{Af}=1m/s)$ في المعادلة (3) نجد أن

$$m_B=\frac{6}{5}=1.2kg$$

3 البندول القذفي

البندول القذفيّ: جهاز يُستخدم لقياس مقدار سُرعة مقذوفٍ، مثل الرصاصة.



مكونات البندول القذفي:

١) قطعة خشبية ساكنة ٢) خيطين تعليق

آلية العمل :

من خلال معرفة ارتفاع المجموعة (القطعة الخشبية والرصاصة) بعد التصادم خلال المرحلة (C) يمكن حساب سرعة الرصاصة قبل التصادم خلال المرحلة (A)

اشتقاق القوانين

عند تصادم المقذوف مع الصندوق فإن الزخم يكون محفوظ وعليه فإن سرعة المجموعة بعد التصادم

$$m_1v_{1A}+m_2(0)=(m_1+m_2)v_B$$

$$v_B=\frac{m_1v_{1A}}{(m_1+m_2)}$$

وبعد التصادم تبدأ المجموعة بالارتفاع عن مستوى الاسناد بسبب وجود الخيط وتكون الطاقة الميكانيكية محفوظة للمجموعة منذ بدأ الحركة بعد التصادم وصولاً إلى أعلى ارتفاع (المرحلة C) عن مستوى الأسناد

$$ME_B=ME_C$$

$$(KE_B+PE_B)=(KE_c+PE_c)$$

$$\left(\frac{1}{2}(m_1+m_2)v_B^2+0\right)=(0+(m_1+m_2)gh)$$

$$v_B=\sqrt{2gh}$$

بتعويض النتيجة السابقة في معادلة حفظ الزخم الخطي .

$$\sqrt{2gh}=\frac{m_1v_{1A}}{(m_1+m_2)}\quad\Rightarrow v_{1A}=\frac{(m_1+m_2)}{m_1}\sqrt{2gh}$$

القوانين:

1 سرعة المجموعة بعد التصادم

$$v_B=\frac{m_1v_{1A}}{m_1+m_2}=\sqrt{2gh}$$

2 سرعة الرصاصة قبل التصادم :

$$v_{1A}=\left(\frac{m_1+m_2}{m_1}\right)\sqrt{2gh}$$

مثال (75)

أطلق سعد سهما كتلته $(0.03kg)$ افقيا باتجاه بندول قذفي كتلته $(0.72kg)$ فاصطدم به و التحما معا، بحيث كان اقصى ارتفاع وصله البندول فوق المستوى الابتدائي له يساوي $(20cm)$، وباعتبار تسارع السقوط الحر $(10m/s^2)$ أجيب عما يأتي:

أ) أي مراحل النظام المكون من البندول والسهم يكون فيها الزخم الخطي محفوظا؟

ب) أي مراحل حركة النظام تكون فيها الطاقة الميكانيكية محفوظة؟

ج) أحسب مقدار السرعة الابتدائية للسهم

الحل

المعطيات: $m_1 = 0.03kg \quad m_2 = 0.72 \quad h = 20cm = 0.2m \quad g = 10m/s^2$

أ) يكون الزخم محفوظ في التصادم عديم المرونة بين السهم و البندول

ب) الطاقة الميكانيكية تكون محفوظة :

١) للسهم قبل التصادم

٢) للمجموعة بعد التصادم حتى وصولها أقصى ارتفاع

$$v_{1A} = \left(\frac{m_1 + m_2}{m_1}\right)\sqrt{2gh}$$

$$v_{1A} = \left(\frac{0.03 + 0.72}{0.03}\right)\sqrt{2(10)(0.2)}$$

$$v_{1A} = 50m/s$$

مثال (76)

أطلق مُحقّقٌ رصاصةً كتلتُها $(0.03kg)$ أفقيًّا باتّجاه بندول قذفي كتلته $(0.97kg)$ فاصطدمت به والتحما معًا، فكان أقصى ارتفاع وصل إليه البندول فوق المستوى الابتدائي له $(45cm)$ أحسبُ مقدار السرعة الابتدائية للرصاصة

الحل

المعطيات: $m_1 = 0.03kg \quad m_2 = 0.97kg \quad h = 45cm = 0.45m$

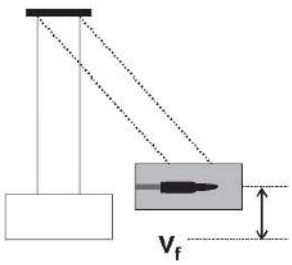
$$v_{1A} = \left(\frac{m_1 + m_2}{m_1}\right)\sqrt{2gh}$$

$$v_{1A} = \left(\frac{0.03 + 0.97}{0.03}\right)\sqrt{2(10)(0.45)}$$

$$v_{1A} = 100m/s$$

مثال (77)

أطلقت رصاصة كتلتها $(40g)$ على كتلة خشبية كتلتها $(4.96kg)$ معلقة كما في الشكل المجاور .فكان أكبر ارتفاع رأسي وصلته المجموعة عن المستوى الافقي يساوي $(80cm)$



احسب كلا مما يأتي:

أ) سرعة الرصاصة قبل التصادم

ب) سرعة المجموعة بعد التصادم

ج) مقدار الطاقة الحركية المفقودة

الحل

المعطيات: $m_1 = 30g = 0.03kg \quad m_2 = 4.97kg \quad h = 80cm = 0.8m$

أ)

$$v_{1A}=\left(\frac{m_1+m_2}{m_1}\right)\sqrt{2gh}$$

$$v_{1A}=\left(\frac{0.04+4.96}{0.04}\right)\sqrt{2(10)(0.8)}$$

$$v_{1A}=500m/s$$

ب)

$$v_B=\frac{m_1v_{1A}}{m_1+m_2}$$

$$v_B=\frac{(0.04)(500)}{0.04+4.96}=4m/s$$

ج)

نحسب الطاقة الحركية قبل التصادم وبعده مباشرة

$$KE_{i(A)}=\frac{1}{2}m_1v_{1A}^2+\frac{1}{2}m_2v_{2A}^2$$

$$KE_{i(A)}=\frac{1}{2}(0.04)(500^2)+0=5000J$$

$$KE_{f(B)}=\frac{1}{2}(m_1+m_2)v_B^2$$

$$KE_{f(B)}=\frac{1}{2}(0.04+4.96)(4^2)=40J$$

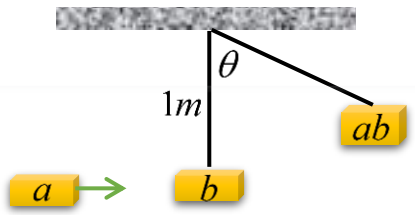
$$\Delta KE=KE_{f(B)}-KE_{i(A)}$$

$$=40-5000$$

$$=-4960J$$

مثال (78)

في الشكل المجاور يتحرك جسم كتلته $(0.5kg)$ على سطح أفقي أملس بسرعة (v) فيلتحم مع جسم أخر كتلته $(2.5kg)$ ساكن على نفس السطح ومربوط بخيط طوله $(1m)$ ثم تحرك الجسمان معا حتى أصبح الخيط يميل عن مستواه الرأسي بزاوية (37°) أحسب:



١) سرعة الجسمين معاً بعد التصادم مباشرة.

٢) سرعة الجسم الأول قبل التصادم مباشرة

الحل

المعطيات : $m_a=0.5kg \quad m_b=2.5kg \quad v_{bi}=0 \quad v_{af}=v_{af}=v_f \quad l=1m \quad \theta=37$

1

أولا نجد ارتفاع الجسم عن سطح الأرض

$$h=1-(1\times\cos 37)=1-0.8=0.2m$$

ثم نجد طاقة الوضع المختزنة في الجسمين معا عند هذا الارتفاع.

$$PE=(m_a+m_b)gh$$

$$PE=(0.5+2.5)(10)(0.2)$$

$$PE=6J$$

الطاقة الحركية للجسم بعد التصادم مباشرة تحولت إلى طاقة الوضع عند وصول الجسم إلى هذا الارتفاع لذلك فإن ...

$$PE=KE=\frac{1}{2}(m_a+m_b)v_f^2$$

$$6=\frac{1}{2}(0.5+2.5)v_f^2$$

$$v_f^2=4\Rightarrow v_f=2m/s$$

2

باستخدام قانون البندول القذفي

$$v_{1A}=\left(\frac{m_1+m_2}{m_1}\right)\sqrt{2gh}$$

$$v_{1A}=\left(\frac{0.5+2.5}{0.5}\right)\sqrt{2(10)(0.2)}$$

$$v_{1A}=12m/s$$

طريقة أخرى ... باستخدام قانون حفظ الزخم

$$\sum P_i=\sum P_f$$

$$(mv_i)_a+(mv_i)_b=(m_a+m_b)(v_f)$$

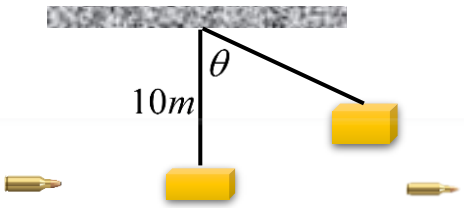
$$(0.5\times v_{ia})+(2.5\times 0)=(0.5+2.5)(2)$$

$$\Rightarrow \quad V_{af}=12m/s$$

مثال (79)

أطلقت رصاصة كتلتها $(0.2kg)$ بسرعة $(400m/s)$ على قطعة خشبية ساكنة كتلتها $(2kg)$ وطول خيط التعليق $(10m)$ فاخترقتها وخرجت منها بسرعة $(300m/s)$ احسب كلا مما يلي:

1. سرعة القطعة الخشبية بعد الاصطدام مباشرة
2. أكبر زاوية يصنعها خيط التعليق مع الخط رأسي



الحل

بفرض الرصاصة (A) و الصندوق (B)

المعطيات: $m_a=0.2kg \quad m_b=2kg \quad v_{ai}=400m/s \quad v_{af}=300m/s \quad v_{bi}=0 \quad l=10m$

1

$$m_a v_{ai}+m_b v_{bi}=m_a v_{af}+m_b v_{bf}$$
$$(0.2\times 400)+(2\times 0)=0.2\times 300+2\times v_{bf}$$
$$v_{bf}=10m/s$$

2

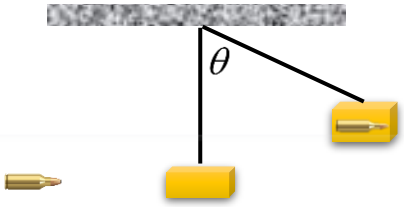
أكبر زاوية تحدث عند أكبر ارتفاع للصندوق والذي تتحول عنده كل الطاقة الحركية للصندوق لطاقة وضع.

$$KE=PE$$
$$\frac{1}{2}mv^2=mgh$$
$$h=\frac{v^2}{2g}=\frac{(10)^2}{2\times 10}=5m$$
$$\cos\theta=\frac{l-h}{l}=\frac{10-5}{10}=0.5$$
$$\Rightarrow \theta=60^\circ$$

مثال (80)

أطلقت رصاصة كتلتها $(0.03kg)$ على قطعة خشبية ساكنة معلقة كتلتها $(4.97kg)$ كما في الشكل إذا علمت أن سرعة المجموعة بعد التصادم تساوي $(3m/s)$ فجد كل مما يأتي:

1. سرعة الرصاصة قبل التصادم مباشرة
2. أقصى ارتفاع تصله المجموعة عن مستوى الاستقرار بعد التصادم



الحل

بفرض الرصاصة (A) و الصندوق (B)

المعطيات: $m_a=0.03kg \quad m_b=4.97kg \quad v_f=1.26m/s$

1

$$m_a v_{ai}+m_b v_{bi}=(m_a+m_b)v_f$$
$$(0.03\times v_{ai})+(4.97\times 0)=(0.03+4.97)(3)$$
$$v_{ai}=500m/s$$

2

عند وصول المجموعة لأقصى ارتفاع تتحول كل الطاقة الحركية فيها إلى طاقة وضع

$$KE=PE$$
$$\frac{1}{2}mv^2=mgh$$
$$h=\frac{v^2}{2g}=\frac{(3)^2}{2\times 10}=0.45m$$

الإثراء والتوسع
تصميم السيارات والسلامة

عناصر السلامة الثانوية في السيارات:

ماصات الصدمات

آلية العمل: تنبعج وتتشوّه بطريقةٍ يجري فيها امتصاص الطاقة الحركيّة للسيارة وركّابها تدريجيًّا ممّا يؤدي إلى تناقص سرعتها تدريجيًّا وامتصاص جزءٍ كبيرٍ من الطاقة الحركية للسيارة والركّاب.

الفائدة: زيادة زمن التصادُم وبتالي تقليل مقدارَ القوّة المُحصّلة المؤثّرة في السيارة والركّاب

حزام الأمان

آلية العمل : يؤثر حزام الأمان في الركّاب بقوةٍ مقدارُه $(10000N)$ تقريبًا، بعكس اتّجاه حركة السيارة، خلال مسافة مقدارها $(0.5m)$ وهي تقريبًا المسافة بين راكب المقعد الأمامي والزجاج الأمامي

الفائدة : يُثبّت حزام الأمان الراكب في المقعد ويزيد زمن تغيُّر سرعته، وبتالي تقليل مقدار القوة المُؤثّرة فيه

الوسائد الهوائية

آلية العمل: تنتفخ الوسادة الهوائية في أثناء حدوث تصادم لسيارة، إذ تُحفّز القوّة الناتجة عن التصادم مجسّ محدّد، يُطلق تفاعلا كيميائيًّا ينتج عنه غازًا يؤدي إلى انتفاخ الوسادة بسرعة.

الفائدة :1) زيادة زمن تأثير القوّة الذي يتم خلاله إيقاف جسم الراكب عن الحركة، وبالتالي تقليل مقدار القوّة المؤثّرة فيه،
2) توزيع القوّة على مساحة أكبر من جسم الراكب، فيقل ضغطها المؤثر فيه.

مساند الرأس

آلية العمل :تضمن حركة رأس الراكب والسائق إلى الأمام مع الجسم، عند صدم السيارة من الخلف.

الفائدة منع كسر الجزء العلوي من العمود الفقري أو تلفهُ. وتقلُّ احتماليةُ التعرض لإصابات خطرة عند وقوع حادثٍ بمقدارٍ كبيرٍ إذا استُعملت أحزمة الأمان وثُبّتت مساندُ الرأس.

عوامل السلامة الأساسية

ثبات السيارة على الطريق، كفاءة الإطارات، فاعلية أنظمة القيادة والتوجيه

مقدرة السائق على التعامل مع المتغيرات التي تحدث في أثناء القيادة، إضافةً إلى انتباه السائق

واجبات (اختبر نفسك)

أختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1) كرة (A) تتحرك بسرعة $(2m/s)$ غربا فتصطدم بكرة أخرة ساكنة (B) مماثلة لها تصادما مرنا في بعد واحد . إذا توقفت الكرة (A) بعد التصادم فإن مقدار سرعة الكرة (B) واتجاهها بعد التصادم يساوي:

أ) $2m/s$ شرقا ب) $2m/s$ غربا ج) $1m/s$ شرقا د) $1m/s$ غربا

سيارة رياضية كتلتها $(1\times10^3\,kg)$ تتحرك شرقا $(+x)$ بسرعة ثابتة مقدارها $(90m/s)$ ، فتصطدم بشاحنة كتلتها $(3\times10^3\,kg)$ تتحرك في الاتجاه نفسه بعد التصادم التحمتا معا وتحركتا على المسار المستقيم نفسه قبل التصادم بسرعة مقدارها $(25m/s)$ أجيب عن الأسئلة $(14-12)$ باقتراض الاتجاه الموجب باتجاه محور $+x$

2) ما الزخم الخطي الكلي للسيارة و الشاحنة بعد التصادم

أ) $-7.5\times10^4\,kg.m/s$ ب) $1\times10^5\,kg.m/s$

ج) $7.5\times10^4\,kg.m/s$ د) $-1\times10^5\,kg.m/s$

3) ما الزخم الخطي الكلي للسيارة والشاحنة قبل التصادم؟

أ) $-7.5\times10^4\,kg.m/s$ ب) $7.5\times10^4\,kg.m/s$

ج) $1\times10^5\,kg.m/s$ د) $-1\times10^5\,kg.m/s$

4) ما السرعة المتجهة للشاحنة قبل التصادم مباشرة ؟

أ) $-25m/s$ ب) $25m/s$

ج) $-3.3m/s$ د) $3.3m/s$

5) في الشكل المجاور (A,B,C) ثلاث كرات زجاجية متماثلة. إذا تحركت الكرة (A) بسرعة مقدارها $(6m/s)$ نحو الكرتين (B,C) الساكنتين و اصطدمت فاصطدمت بالكرة (B) تصادما مرنا ، بإهمال الاحتكاك أي العبارات التالية صحيحة بعد التصادم

أ) تسكن الكرتان (A,B) و تتحرك الكرة (C) بسرعة $(6m/s)$

ب) تسكن الكرتان (A,B) و تتحرك الكرة (C) بسرعة $(3m/s)$

ج) تسكن الكرة (A) و تتحرك الكرتان (B,C) بسرعة $(2m/s)$

د) تتحرك الكرات الثلاث بسرعة مقدارها $(2m/s)$

6) تصادم جسم كتلته (m) و سرعته (v) تصادما عديم المرونة بجسم أخر ساكن مماثل له في الكتلة، فإن الطاقة الضائعة للنظام:

أ) $\frac{1}{2}mv^2$ ب) $\frac{1}{4}mv^2$ ج) $\frac{3}{4}mv^2$ د) mv^2

7) في التصادم عديم المرونة تكون النسبة بين الطاقة الحركية للنظام قبل التصادم إلى الطاقة الحركية للنظام بعد التصادم:

أ) أقل من واحد ب) واحد ج) أكبر من واحد د) صفر

8) أي العبارات الاتية ليست صحيحة لجميع أنواع التصادمات في النظام المعزول ؟

أ) يكون أحد الجسمين على الأقل متحركا

ب) الطاقة الحركية للنظام محفوظة

ج) قد لا يتلامس الجسمين المتصادمان

د) الزخم للنظام محفوظ

9 اصطدم جسم (A) كتلته (m_1) متحرك بسرعة (v_1) بكرة كتلتها (m_2) و سرعتها (v_2) حيث $(v_2 < v_1 \ , \ m_2 > m_1)$ تصادما عديم المرونة، إن التغير في الزخم :

أ) يكون أكبر للجسم A منه للكرة
ب) يكون أكبر للكرة منه للجسم A
ج) متساوي في المقدار و متعاكس في الاتجاه
د) لا يمكن معرفة ذلك

10 اصطدم جسم كتلته (m) وسرعته (v) تصادما عديم المرونة مع جسم اخر ساكن كتلته 3 أمثال الأول، فإن الطاقة الضائعة نتيجة التصادم تساوي:

أ) $\frac{1}{2}mv^2$
ب) $\frac{1}{4}mv^2$
ج) $\frac{1}{8}mv^2$
د) $\frac{3}{8}mv^2$

11 كرة كتلتها (m) وسرعتها (v) اصطدمت بحائط وارتدت عنه بثلث سرعتها، ما مقدار الطاقة الضائعة

أ) $\frac{1}{2}mv^2$
ب) $\frac{1}{4}mv^2$
ج) $\frac{3}{8}mv^2$
د) $\frac{4}{9}mv^2$

12 يتزلج متزلج كتلته $(40kg)$ على الجليد بسرعة مقدارها $(2m/s)$ اصطدم بزلاجة ثابتة كتلتها $(10kg)$ على الجليد . وواصل المتزلج انزلاقه مع الزلاجة في نفس اتجاه حركته الأصلي، ما مقدار السرعة المشتركة لهما بعد التصادم مباشرة بوحدة (m/s) ؟

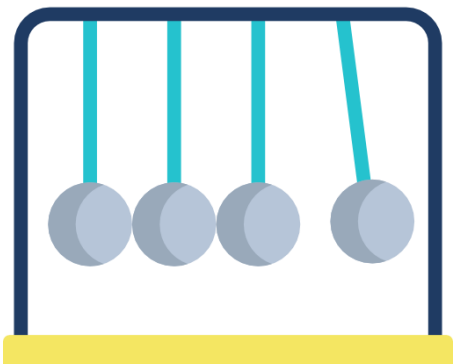
أ) 0.4
ب) 0.8
ج) 1.6
د) 3.2

13 أي الكميات الفيزيائية تبقى محفوظة دائما في أية عملية تصادم في النظام المعزول

أ) الطاقة الحركية
ب) الزخم
ج) السرعة
د) الطاقة الميكانيكية

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ب	ب	ج	د	أ	ب	ج	ب	ج	د	د	ج	ب

لعبة نيوتن



تظهر في الشكل المجاور لعبة شهيرة تسمى كرات نيوتن تتكون من كرات عدّة فلزّية متماثلة متراصّة معلّقة بخيوط خفيفة. عند سحب إحدى الكرات الفلزية الخارجية نحو الخارج ثم إفلاتها؛ فإنّها تصطدم تصادمًا مرنًا بالكرة التي كانت مجاورة لها، وبدلًا من حركة هذه الكرة؛ ألاحظ أنّ الكرة الخارجية على الجانب الآخر من اللعبة تقفز في الهواء.

1) أفسّر ما الذي حدث.
2) أتوقع: ماذا سيحدث إذا سحبتُ كرتين من الجانب الأيسر جانبيًا ثم أفلتّهما معًا؟
3) أتوقع: ماذا سيحدث إذا رفعتُ الكرتين الخارجيتين كلتيهما على الجانبين إلى الارتفاع نفسه وأفلتّهما في اللحظة نفسها؟